



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

VISUALISASI PERUBAHAN VOLUME DAN ELEVASI PERMUKAAN LUMPUR DENGAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI TEMPORAL UNTUK MONITORING LUMPUR SIDOARJO

BAGAS TRI WIDODO
NRP 3512 100 088

DOSEN PEMBIMBING
Dr.-Ing. Ir. TEGUH HARIYANTO, M.Sc

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



TUGAS AKHIR - RG141536

**VISUALISASI PERUBAHAN VOLUME DAN ELEVASI
PERMUKAAN LUMPUR DENGAN CITRA SATELIT
RESOLUSI TINGGI TEMPORAL UNTUK
MONITORING LUMPUR SIDOARJO**

BAGAS TRI WIDODO
NRP 3512 100 088

DOSEN PEMBIMBING
Dr.-Ing. Ir. TEGUH HARIYANTO, M.Sc

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



FINAL ASSIGNMENT - RG141536

VISUALIZATION OF VOLUME AND ELEVATION CHANGES OF MUD SURFACE USING TEMPORAL HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY FOR MONITORING SIDOARJO MUD FLOW

BAGAS TRI WIDODO
NRP 3512 100 088

SUPERVISOR
Dr.-Ing. Ir. TEGUH HARIYANTO, M.Sc

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
CIVIL ENGINEERING AND PLANNING FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**VISUALISASI PERUBAHAN VOLUME DAN ELEVASI
PERMUKAAN LUMPUR DENGAN CITRA SATELIT
RESOLUSI TINGGI TEMPORAL UNTUK
MONITORING LUMPUR SIDOARJO**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BAGAS TRI WIDODO
NRP. 3512100088

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc
NIP. 1959 0819 198502 1 001(Pembimbing I)



SURABAYA, JUNI 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

VISUALISASI PERUBAHAN VOLUME DAN ELEVASI PERMUKAAN LUMPUR DENGAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI TEMPORAL UNTUK MONITORING LUMPUR SIDOARJO

Nama Mahasiswa : Bagas Tri Widodo
NRP : 3512 100 088
Jurusan : Teknik Geomatika, FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

Abstrak

Sejak awal terjadinya bencana lumpur Sidoarjo pada 29 Mei 2006 silam, telah terjadi lebih dari 10 kali jebolan tanggul penahan lumpur. Yang terakhir terjadi pada akhir tahun 2014 lalu, mengakibatkan rumah warga yang berada di Desa Gempolsari, Kecamatan Tanggulangin, terendam lumpur. Untuk mencegah hal yang sama terulang kembali, maka perlu dilakukan monitoring untuk mengetahui pola persebaran lumpur dan elevasinya yang berada di dalam tanggul penahan. Dengan menggunakan citra satelit resolusi tinggi WorldView-2 bulan Agustus 2014 dan Juli 2015, maka tutupan lumpur dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas berbeda, yaitu Air Berlumpur, Lumpur Basah, Lumpur Mulai Mengering, dan Lumpur Kering.

Menurut hasil pengolahan data observasi lapangan menggunakan GPS geodetik metode kinematik, diketahui bahwa volume total lumpur di dalam tanggul utama pada bulan Maret 2014 adalah 44.039.123,365 m³, dan bulan Juli 2015 sebesar 47.646.879,058 m³. Berdasarkan hasil pemodelan 3 dimensi permukaan lumpur, aliran lumpur pada bulan Maret 2014 cenderung mengarah ke utara. Sedangkan pada bulan Juli 2015 aliran lumpur lebih terkonsentrasi di dekat pusat semburan, membuat tanah bagian bawah mengalami sledding dan penurunan. Dengan demikian, permukaan lumpur menjadi terlihat seperti kaldera atau fitur kawah gunung lumpur. Dan

sampai dengan bulan Juli 2015, tutupan lumpur didominasi oleh klasifikasi Lumpur Kering.

Kata Kunci---Lumpur Sidoarjo, Elevasi Lumpur, Volume Lumpur, Model 3 Dimensi

VISUALIZATION OF VOLUME AND ELEVATION CHANGES OF MUD SURFACE USING TEMPORAL HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY FOR MONITORING SIDOARJO MUD FLOW

Student Name : Bagas Tri Widodo
NRP : 3512100088
Departement : Geomatics Engineering, FTSP – ITS
Supervisor : Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

Abstract

Since the the beginning of the Sidoarjo mud flow disaster on May 29, 2006, have been more than 10 times leakage of the mud embankments. The last occurred in late 2014 and has led the houses in the Gempolsari village, in the sub-district of Tanggulangin, submerged in mud. In order to prevent this recurrence on the future, it's necessary to be monitored, to determine the distribution pattern and elevation of the mud inside embankments. By using Worldview-2 high-resolution satellite imagery on August 2014 and July 2015, then the cover of mud can be classified as four different classes, that is Muddy Mud, Wet Mud, Start Drying Mud, and Dry Mud.

According to the results from the data processing of field observations using Geodetic GPS (kinematic method), the total volume of mud in the main levees in March 2014 was 44.039.123,365 m³ and 47.646.879,058 m³ on July 2015. Based on the results of the mud three-dimensional surfaces modeling in the month of March 2014, was tend to lead to the north. Meanwhile, the mud flows in July 2015 was more concentrated close to the mud's primary eruption center, caused the deflation and sledding on the bottom soil. Thus, the mud surface looked just like a caldera or crater mud feature. By July 2015, the mud cover was dominated by the Dry Mud.

Keywords---Sidoarjo Mud, Mud Elevation, Mud Volume, Three-Dimensional Model

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul **“Visualisasi Perubahan Volume Dan Elevasi Permukaan Lumpur Dengan Citra Satelit Resolusi Tinggi Temporal Untuk Monitoring Lumpur Sidoarjo”** dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik yang wajib ditempuh untuk menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Bapak dan Ibu penulis atas curahan kasih sayang, nasihat-nasihat, dukungan, dan doa restu yang telah diberikan selama 22 tahun yang tak ternilai harganya ini.
2. Mas Bagus, Mas Windy, Mbak Rima, dan Mbak Rini. Terima kasih atas perhatian dan nasihat-nasihat yang diberikan. Terutama saran yang sangat berharga dari Mbak Rini, sehingga penulis dapat berkesempatan melaksanakan kerja praktik hingga melanjutkan tugas akhir di Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo.
3. Bapak Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pencerahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada beliau karena senantiasa menginspirasi penulis untuk terus mengembangkan potensi-potensi yang positif
4. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., D.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.

5. Bapak Alwi Husein, S.Si, M.Si. selaku Ketua Sub Kelompok Kerja Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo.
6. Bapak Dwinata Irawan, A.Md selaku pembimbing dari pihak Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan.
7. Semua dosen di Jurusan Teknik Geomatika yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.
8. Selvia dan keluarga, yang tanpa henti selalu memberikan harapan, perhatian, dan semangat kepada penulis untuk terus termotivasi agar berusaha lebih baik dan bekerja lebih keras dari sebelumnya, demi masa depan berdua yang jauh lebih cerah.
9. Teman-teman Geoid 2012 yang telah rela berbagi ilmu, kebersamaan, pengalaman, dan kenangan yang sangat berharga. Beserta segenap pihak-pihak lain yang telah banyak berjasa dan membantu penulis, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini kedepannya.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika pada khususnya.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Citra Satelit <i>Worldview-2</i>	5
2.2 Penginderaan Jauh	7
2.3 Sumber Tenaga Penginderaan Jauh	7
2.4 Resolusi	9
2.4.1 Resolusi Spasial.....	9
2.4.2 Resolusi Spektral	9
2.4.3 Resolusi Temporal.....	10
2.4.4 Resolusi Radiometrik	10
2.5 <i>Root Mean Square (RMSE)</i>	10
2.6 Interpretasi Citra	11
2.7 Klasifikasi Citra.....	13
2.7.1 Klasifikasi Terbimbing (<i>Supervised</i>)	13
2.7.2 Klasifikasi Tak Terbimbing (<i>Unsupervised</i>)	14
2.8 Konversi Data Digital.....	15
2.9 <i>Global Positioning System (GPS)</i>	17
2.10 Metode Penentuan Posisi.....	18
2.10.1 Metode Penentuan Posisi Statik	18
2.10.2 Metode Penentuan Posisi Kinematik.....	19

2.11 Visualisasi.....	20
2.12 Sistem Informasi Geografis (SIG)	22
2.13 Ruang Lingkup Sistem Informasi Geografis (SIG)	25
2.14 DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	26
2.15 Perhitungan Volume	28
2.16 Penelitian Sebelumnya.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Lokasi Penelitian	31
3.2 Data dan Peralatan	32
3.2.1 Peralatan	32
3.2.2 Data	32
3.3 Metodologi Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	39
4.1 Analisis Ketelitian RMSE Citra <i>Worldview-2</i>	39
4.2 Analisis Interpretasi Citra dan Klasifikasi Lumpur	40
4.3 Analisis Perhitungan Volume Tutupan Lumpur	42
4.4 Analisis Visualisasi Pemodelan 3 Dimensi Permukaan Lumpur	45
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh	7
Gambar 2.2 Spektrum elektromagnetik.....	8
Gambar 2.3 Metode <i>Supervised</i>	14
Gambar 2.4 Metode <i>Unsupervised</i>	15
Gambar 2.5 Metode statik	19
Gambar 2.6 Metode kinematik.....	20
Gambar 2.7 Visualisasi 3 dimensi citra satelit menggunakan koordinat permukaan tanah.....	22
Gambar 2.8 Alur SIG	25
Gambar 2.9 TIN	27
Gambar 2.10 Metode kontur	29
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	31
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	32
Gambar 3.3 Diagram alir proses pengolahan data.....	35
Gambar 3.4 Tahap visualisasi model 3 dimensi elevasi permukaan lumpur	37
Gambar 4.1 Hasil RMS <i>Error</i>	39
Gambar 4.2 Hasil klasifikasi tutupan lumpur bulan Agustus 2014	41
Gambar 4.3 Hasil klasifikasi tutupan lumpur bulan Juli 2015	41
Gambar 4.4 Data titik pengukuran elevasi lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015.....	42
Gambar 4.5 Data poin elevasi permukaan lumpur bulan Maret 2014 hasil extraction TIN	43
Gambar 4.6 Grafik volume per klasifikasi tutupan lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015	44
Gambar 4.7 <i>TIN</i> elevasi permukaan lumpur bulan Maret 2014	45
Gambar 4.8 Model 3 dimensi permukaan lumpur bulan Maret 2014	46
Gambar 4.9 <i>TIN</i> elevasi permukaan lumpur bulan Juli 2015	47
Gambar 4.10 Likuifaksi tanah	48

Gambar 4.11 Model 3 dimensi permukaan lumpur bulan Juli
201549

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi teknis citra satelit <i>Worldview-2</i>	5
Tabel 2.2 Metode penentuan posisi dengan <i>GPS</i>	18
Tabel 4.1 Volume tutupan lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015.....	43

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 <i>Root Mean Square (RMSE)</i>	10
Rumus 2.2 Volume (Penampang Rata-Rata).....	28
Rumus 2.3 Volume (Kontur).....	28

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

A. Hasil Penelitian

Lampiran 1. Dokumentasi

Lampiran 2. Hasil Koreksi Geometrik Citra *Worldview-2* Bulan Agustus 2014

Lampiran 3. *Metadata* Citra Satelit *Worldview-2* Bulan Agustus 2014

Lampiran 4. Data Koordinat Observasi Permukaan Lumpur Sidoarjo Bulan Maret 2014

Lampiran 5. Data Koordinat Observasi Permukaan Lumpur Sidoarjo Bulan Juli 2015

Lampiran 6. Hasil Perhitungan Volume Lumpur Bulan Maret 2014

Lampiran 7. Hasil Perhitungan Volume Lumpur Bulan Juli 2015

Lampiran 8. Peta

Lampiran 9. CD

B. Administrasi

Lampiran 10. Surat Permohonan Tugas Akhir

Lampiran 11. Surat Permohonan Data Tugas Akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana lumpur panas Sidoarjo, juga dikenal dengan sebutan Lumpur Lapindo atau Lumpur Sidoarjo (Lusi), adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo, Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia, sejak tanggal 29 Mei 2006 (Akbari & Hariyanto, 2012). Sejak awal terjadinya bencana ini, telah terjadi lebih dari 10 kali jebolan tanggul penahan lumpur. Yang terakhir terjadi pada tanggal akhir tahun 2014 lalu, mengakibatkan rumah warga yang berada di Desa Gempolsari, Kecamatan Tanggulangin, terendam lumpur. Sebelumnya, pada tanggal 27 April 2011 telah terjadi jebolan tanggul di sisi utara, tepatnya di Desa Kedungbendo, Kecamatan Tanggulangin. Tanggul di Desa Kedungbendo jebol sepanjang 200 meter, mengakibatkan kawasan pemukiman yang padat penduduk tersebut sepenuhnya tenggelam (Evan, 2014).

Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) adalah sebuah lembaga yang dibentuk dalam upaya menanggulangi semburan dan luapan lumpur, masalah sosial dan infrastruktur di sekitar kawasan area terdampak, dengan memperhatikan risiko lingkungan yang terkecil. Terkait dengan fungsi dari Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo dalam menangani semburan lumpur, kemajuan teknologi Penginderaan Jauh dapat dimanfaatkan dalam proses monitoring dan evaluasi bencana yang ada.

Penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan volume semburan lumpur dengan citra satelit. Terlebih, teknologi penginderaan jauh juga dapat dipadukan dengan data observasi langsung di atas permukaan lumpur. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk mengetahui kecenderungan persebaran arah aliran lumpur. Nantinya, visualisasi model tiga dimensi kontur permukaan lumpur dari tahun ke tahun juga dilakukan untuk menggambarkan perubahan elevasi yang telah terjadi selama lebih dari 9 tahun.

Visualisasi tersebut dapat bermanfaat bagi pihak BPLS selaku badan yang menangani masalah lumpur Sidoarjo untuk melihat perubahan elevasi permukaan lumpur dari berbagai arah pandang secara dinamis.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat membantu pihak BAPEL BPLS (Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo) dalam hal monitoring elevasi permukaan lumpur beserta kecenderungan arah aliran lumpur yang berada di dalam tanggul penahan. Selain itu, pemodelan 3 dimensi permukaan lumpur diharapkan dapat menjadi data pendukung bagi pihak-pihak berwenang untuk melakukan penanganan bencana lumpur yang telah terjadi sejak 10 tahun silam.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan volume dan elevasi semburan lumpur Sidoarjo?
2. Bagaimana kecenderungan persebaran arah aliran lumpur yang berada di dalam tanggul penahan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data citra yang digunakan adalah data citra *Worldview-2* pada tahun 2014-2015;
2. Daerah studi meliputi wilayah yang berada di dalam kawasan area terdampak lumpur Sidoarjo;
3. Analisa perhitungan volume semburan dan visualisasi elevasi permukaan lumpur Sidoarjo; dan
4. Analisa kecenderungan persebaran arah aliran lumpur Sidoarjo di dalam tanggul penahan.

1.4 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini, antara lain:

1. Melakukan klasifikasi tutupan lumpur dari data citra *Worldview-2*, dan melakukan perhitungan volume tutupan lumpur yang ada;
2. Melakukan visualisasi perubahan elevasi permukaan lumpur di dalam tanggul penahan; dan
3. Analisa kecenderungan persebaran arah aliran lumpur yang ada di dalam tanggul penahan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir ini, antara lain:

1. Memberikan informasi tentang perubahan volume tutupan lumpur yang berada di dalam tanggul penahan dan kecenderungan persebaran arah alirannya;
2. Memberikan informasi terkait dengan hasil visualisasi perubahan elevasi permukaan lumpur;
3. Membantu pihak Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BAPEL BPLS) dalam melakukan monitoring dan evaluasi daerah-daerah rawan di sekitar tanggul jika terjadi retakan serta jebol.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra Satelit Worldview-2

WorldView-2 merupakan satelit resolusi tinggi yang dioperasikan oleh *Digitalglobe*, dan diluncurkan pada tanggal 8 Oktober 2009. Selain merupakan citra resolusi citra, *Worldview-2* memiliki resolusi spektral yang cukup tinggi karena memiliki 8 kanal spektral, Hal ini yang membuat citra *Worldview-2* memiliki kelebihan terhadap citra high spatial resolution yang lain seperti, *Geoeye*, *Quickbird*, dan *IKONOS*. Resolusi spasial yang dimiliki citra satelit WorldView-2 ini, yaitu: 0,46 m - 0,5 m untuk pankromatik dan 1, 84 m untuk multispektral. Detail spesifikasi teknis citra satelit *Worldview-2* dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi teknis citra satelit *Worldview-2*

Informasi Peluncuran	Tanggal: 8 Oktober 2009 Roket Peluncuran: <i>Delta 7920</i> Lokasi: <i>Vandenberg Air Force Base, California</i>
Orbit	Tinggi: 770 km Tipe: <i>Sun synchoronous</i> , jam 10:30 pagi Periode orbit: 100 menit
Masa Operasi	10-12 tahun, meliputi seluruh yang terpakai dan yang mengalami penyusutan (misalnya bahan bakar)
Dimensi satelit, Bobot dan Power	5,7 m panjang x 2,5 m lebar 7,1 m lebar panel energi surya Bobot: 215 kg 3,2 kW panel surya, 100 Ahr baterai

(Sumber: www.digitalglobe.com)

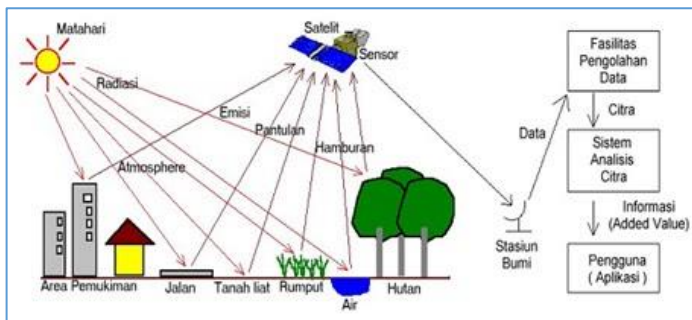
Tabel 2.1 Spesifikasi teknis citra satelit *Worldview-2* (lanjutan)

Sensor	Pankromatik: 450-800 nm Multispektral 8: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Coastal</i>: 400 - 450 nm - <i>Blue</i>: 450 - 510 nm - <i>Green</i>: 510 - 580 nm - <i>Yellow</i>: 585 - 625 nm - <i>Red</i>: 630 -690 nm - <i>Red Edge</i>: 705 - 745 nm - <i>Near-IR1</i>: 770 - 895 nm - <i>Near-IR2</i>: 860 - 1040 nm
Resolusi Sensor	Pankromatik: 0.46 meter GSD pada nadir, 0,52 meter GSD pada 20° <i>off</i> -nadir Multispektral: 1.85 meter GSD pada nadir, 2,07 meter GSD pada 20° <i>off</i> -nadir
Resolusi radiometrik	11 bit per piksel
Lebar Cakupan	16,4 km di nadir
Kapasitas Penyimpanan	2199 gigabit
Perekaman per orbit	524 gigabit
Maksimal Area terekam pada sekali melintas	65,6 km x 110 km mono, 48 km x 110 km stereo
Putaran ke lokasi yang sama	1,1 hari pada 1 meter GSD atau kurang, 3,7 hari pada 200 <i>off</i> -nadir atau kurang (0,52 meter GSD)
Kapasitas	1 juta km ² /hari

(Sumber: www.digitalglobe.com)

2.2 Penginderaan Jauh

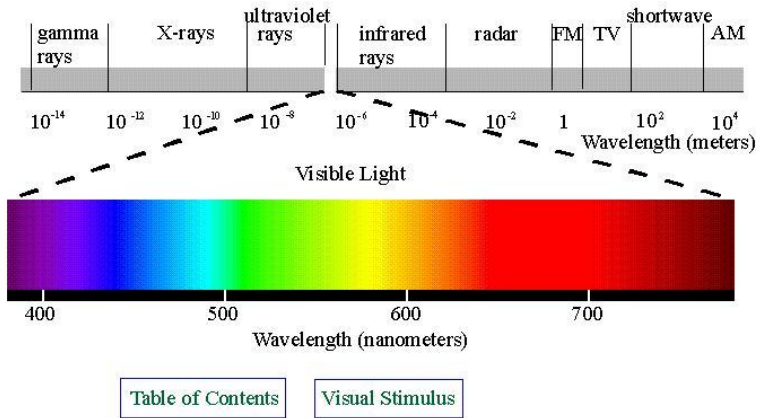
Menurut (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Akbari, 2011) penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Terdapat empat komponen dasar dari sistem penginderaan jauh adalah target, sumber energi, alur transmisi dan sensor. Sebuah teknologi penginderaan jauh dirancang untuk tujuan tertentu. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik.



Gambar 2.1 Sistem penginderaan Jauh
(Sumber: Akbari, 2011)

2.3 Sumber Tenaga Penginderaan Jauh

Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga, baik alamiah maupun buatan. Tenaga panas yang dipancarkan dari obyek dapat direkam dengan sensor yang dipasang jauh dari obyeknya. Penginderaan obyek tersebut menggunakan spektrum inframerah thermal (Sutanto, 1994 dalam Akbari, 2011).



Gambar 2.2 Spektrum elektromagnetik
(Sumber: Lillesand & Kiefer, 1994 dalam Akbari, 2011)

Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga baik alamiah maupun buatan. Tenaga baik alamiah maupun buatan. Tenaga yang dimaksud berupa spektrum elektromagnetik yang meliputi spektra kosmis, gamma, sinar-X, ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, gelombang mikro, serta gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik. Terdapat dua sistem tenaga pada wahana penginderaan jauh, yaitu:

a. Sistem Aktif

Pada sistem ini, sumber utama yang dibutuhkan oleh wahana menggunakan tenaga elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sensor *RADAR* (*Radio Detecting And Ranging*) yang terintegrasi pada wahan tersebut. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini adalah *Radarsat*, *JERS*, dan *ADEOS*.

b. Sistem Pasif

Pada sistem ini, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh satelit berasal dari sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber tenaga yang dimaksud biasanya berupa energi yang berasal dari matahari. Beberapa

wahana yang menggunakan sistem ini antara lain *Aster*, *Landsat*, *SPOT*, *NOAA*, *MODIS*, *Quickbird* dan *Ikonos*.

2.4 Resolusi

Resolusi atau *resolving power* adalah kemampuan suatu sistem optik elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral (Danoedoro, 1996 dalam Akbari, 2011). Ada beberapa jenis resolusi yang umum diketahui dalam penginderaan jauh yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi temporal, dan resolusi radiometrik, yang dijelaskan sebagai berikut:

2.4.1 Resolusi Spasial

Resolusi spasial yaitu ukuran objek terkecil yang mampu direkan, dibedakan dan disajikan pada citra. Resolusi spasial menunjukkan level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail sebuah studi, semakin tinggi pula resolusi spasial yang diperlukan. Resolusi spasial selalu erat hubungannya dengan ukuran piksel dari citra yang digunakan. Resolusi biasanya disajikan sebagai sebuah nilai tunggal yang merepresentasikan panjang dari satu sisi sebuah bujur sangkar. Misalnya, sebuah resolusi spasial dari 30 meter mengandung arti bahwa satu piksel mewakili sebuah area 30 x 30 meter di lapangan. Jika pikselnya berbentuk persegi panjang, maka itu akan diwakili dengan sebuah dimensi tinggi dan lebar (contoh: 50 x 65 meter).

2.4.2 Resolusi Spektral

Resolusi spektral adalah daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk merekam data. Resolusi spektral menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing kanal spektral yang diukur oleh sensor. Semakin banyak jumlah saluran atau kanal-kanalnya semakin tinggi kemampuannya dalam mengenali objek.

2.4.3 Resolusi Temporal

Resolusi temporal menunjukkan waktu antar pengukuran, atau dalam kata lain kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan resolusi temporal adalah jam atau hari.

2.4.4 Resolusi Radiometrik

Resolusi radiometrik adalah kemampuan sensor dalam mencatat respons spektral objek atau kemampuan sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil.

2.5 Root Mean Square (RMSE)

Root Mean Square Error (RMS Error) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai hasil dari pengamatan/pengukuran terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar. *RMS Error* ini dihitung pada saat transformasi koordinat selesai dilakukan. Caranya dengan menguji beberapa titik pada citra hasil koreksi geometrik terhadap titik kontrol tanah yang sudah tereferensi dengan sistem proyeksi tertentu (Furqon, 2007). Secara umum, persamaan untuk menghitung besarnya RMSE dalam bidang dua dimensional adalah sebagai berikut: (LO & YEUNG, 2002)

$$RMSe = \sqrt{\frac{(x' - x_{orig})^2 + (y' - y_{orig})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

- | | |
|-----------------------|---|
| (x',y') | = Koordinat citra hasil koreksi geometrik |
| (x,y) _{orig} | = Koordinat titik kontrol tanah pada bidang referensi |
| n | = Jumlah GCP |

2.6 Interpretasi Citra

Interpretasi citra adalah perbuatan mengkaji foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut (Soemantri, 2009). Di dalam pengenalan objek yang tergambar pada citra, ada tiga rangkaian kegiatan yang diperlukan, yaitu deteksi, identifikasi, dan analisis. Deteksi ialah pengamatan atas adanya objek, identifikasi ialah upaya mencirikan objek yang telah dideteksi dengan menggunakan keterangan yang cukup, sedangkan analisis ialah tahap mengumpulkan keterangan lebih lanjut.

Interpretasi dilakukan pada citra *hardcopy* ataupun citra yang tertayang pada monitor komputer. Interpretasi adalah aktivitas untuk mengkaji gambaran muka bumi yang tergambar pada citra untuk tujuan identifikasi objek dan menilai maknanya.

Unsur interpretasi citra terdiri atas sembilan unsur, yaitu rona, warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi, dan bayangan.

1. Rona dan Warna

Rona ialah tingkat kegelapan atau kecerahan objek pada citra. Adapun warna adalah wujud yang tampak oleh mata. Rona ditunjukkan dengan gelap – putih. Ada tingkat kegelapan warna biru, hijau, merah, kuning dan jingga. Rona dibedakan atas lima tingkat, yaitu putih, kelabu putih, kelabu, kelabu hitam, dan hitam. Karakteristik objek yang mempengaruhi rona, permukaan yang kasar cenderung menimbulkan rona yang gelap, warna objek yang gelap cenderung menimbulkan rona yang gelap, objek yang basah/lembab cenderung menimbulkan rona gelap. Contoh pada foto pankromatik air akan tampak gelap, atap seng dan asbes yang masih baru tampak rona putih, sedangkan atap sirap ronanya hitam.

2. Bentuk

Bentuk merupakan atribut yang jelas sehingga banyak objek yang dapat dikenali berdasarkan bentuknya saja.

seperti bentuk memanjang, lingkaran, dan segi empat. Contoh gedung sekolah pada umumnya berbentuk huruf I, L, U atau berbentuk empat persegi panjang. Rumah sakit berbentuk empat persegi panjang.

3. Ukuran

Berupa jarak, luas, tinggi, lereng, dan volume., selalu berkaitan dengan skalanya. ukuran rumah sering mencirikan apakah rumah itu rumah mukim, kantor, atau industri. Contoh Rumah mukim pada umumnya lebih kecil bila dibandingkan dengan kantor atau pabrik. ukuran lapangan sepak bola 80 m X 100 m, 15 m X 30 m lapangan tennis, 8 m X 15 m bagi lapangan bulu tangkis.

4. Pola

Pola adalah hubungan susunan spasial objek. Pola merupakan ciri yang menandai objek bentukan manusia ataupun alamiah. pola aliran sungai sering menandai bagi struktur geologi dan jenis tanah. Misalnya, pola aliran trellis menandai struktur lipatan. kebun karet, kelapa sawit dan kebun kopi memiliki pola yang teratur sehingga dapat dibedakan dengan hutan.

5. Bayangan

Bayangan bersifat menyembunyikan objek yang berada di daerah gelap. Bayangan dapat digunakan untuk objek yang memiliki ketinggian, seperti objek bangunan, patahan, menara.

6. Tekstur

Tekstur adalah halus kasarnya objek pada citra, Contoh pengenalan objek berdasarkan tekstur. Misalnya, permukaan air yang tenang bertekstur halus, tanaman padi bertekstur halus, tanaman tebu bertekstur sedang, dan tanaman pekarangan bertekstur kasar. Hutan bertekstur kasar, belukar bertekstur sedang, semak bertekstur halus.

7. Asosiasi

Asosiasi adalah keterkaitan antara objek yang satu dengan objek lainnya. Suatu objek pada citra merupakan petunjuk

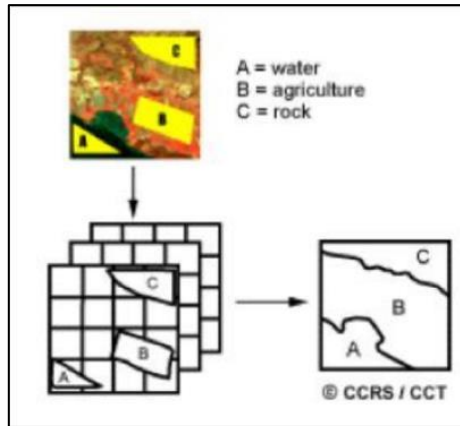
bagi adanya objek lain. stasiun kereta api berasosiasi dengan rel kereta api yang jumlahnya bercabang. selain bentuknya yang persegi panjang, lapangan bola ditandai dengan situsnnya yang berupa gawang.

2.7 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan proses yang berusaha mengelompokkan seluruh piksel pada suatu citra ke dalam sejumlah kelas, sedemikian hingga tiap kelas merepresentasikan suatu entitas dengan properti yang spesifik (Chein-I Chang dan H. Ren, 2000 dalam Ariani, 2009). Klasifikasi citra menurut (Lillesand & Kiefer, 1994 dalam Akbari, 2011) dibagi ke dalam dua klasifikasi yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*). Pemilihannya bergantung pada ketersediaan data awal pada citra itu.

2.7.1 Klasifikasi Termimbing (Supervised)

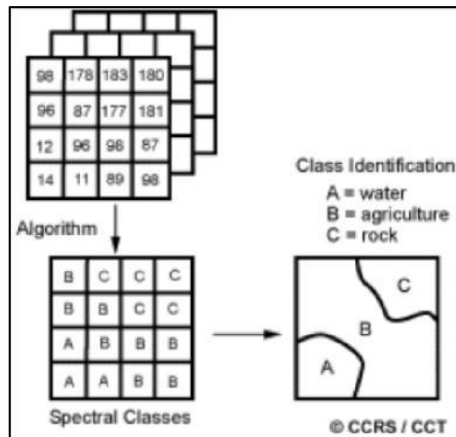
Pada metode *supervised* ini, analis terlebih dulu menetapkan beberapa training area (daerah contoh) pada citra sebagai kelas lahan tertentu. Penetapan ini berdasarkan pengetahuan analis terhadap wilayah dalam citra mengenai daerah-daerah tutupan lahan. Nilai-nilai piksel dalam daerah contoh kemudian digunakan oleh komputer sebagai kunci untuk mengenali piksel lain. Daerah yang memiliki nilai-nilai piksel sejenis akan dimasukkan kedalam kelas lahan yang telah ditetapkan sebelumnya. Jadi dalam metode supervised ini analis mengidentifikasi kelas informasi terlebih dulu yang kemudian digunakan untuk menentukan kelas spektral yang mewakili kelas informasi tersebut (Indriasari, 2009 dalam Ayuindra, 2013).

Gambar 2.3 Metode *Supervised*

(Sumber: Indriasari, 2009 dalam Ayuindra, 2013)

2.7.2 Klasifikasi Tak Terbimbing (*Unsupervised*)

Cara kerja metode *unsupervised* ini merupakan kebalikan dari metode *supervised*, dimana nilai-nilai piksel dikelompokkan terlebih dahulu oleh komputer kedalam kelas-kelas spektral menggunakan algoritma klusterisasi (Indriasari, 2009 dalam Ayuindra, 2013). Dalam metode ini, diawal proses biasanya analis akan menentukan jumlah kelas (*cluster*) yang akan dibuat. Kemudian setelah mendapatkan hasil, analis menetapkan kelas-kelas lahan terhadap kelas-kelas spektral yang telah dikelompokkan oleh komputer. Dari kelas-kelas (*cluster*) yang dihasilkan, analis bisa menggabungkan beberapa kelas yang dianggap memiliki informasi yang sama menjadi satu kelas. Misal *class 1*, *class 2* dan *class 3* masing-masing adalah sawah, perkebunan dan hutan maka analis bisa mengelompokkan kelas-kelas tersebut menjadi satu kelas, yaitu kelas vegetasi. Jadi pada metode *unsupervised* tidak sepenuhnya tanpa campur tangan manusia.



Gambar 2.4 Metode *Unsupervised*
(Sumber: Indriasari, 2009 dalam Ayuindra, 2013)

2.8 Konversi Data Digital

Proses konversi data analog menjadi data digital, seiring dengan perkembangan perangkat keras dan perangkat lunak komputer, dapat dilakukan dengan berbagai cara. Secara garis besar proses konversi dari data analog menjadi data digital dapat dibedakan menjadi dua cara yaitu: cara manual dan otomatis (Bafdal, et al., 2011). Cara manual (ada yang menyebut sebagai cara manual konvensional) umumnya dilakukan dengan bantuan suatu interface yang biasa disebut *digitizer*. Adanya alat yang disebut dengan *scanner*, memungkinkan cara manual dilakukan tanpa menggunakan *digitizer* tapi dengan suatu teknik yang disebut digitasi *on screen* (disebut pula *head up digitizing technique*). *Scanner*, dengan bantuan perangkat lunak tertentu, juga memunculkan suatu teknik digitasi secara otomatis (*automated digitizing technique*). Proses digitasi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu:

1. Digitasi di atas meja (*digitizer*)
Digitizer memberikan kebebasan kepada operator untuk memilih titik-titik mana yang akan diambil sebagai titik

acu dalam penggambaran peta. Semakin banyak titik yang diambil dengan digitizer semakin baik peta yang dapat digambar. Dengan teknik interpolasi “*spline cubic*” atau “*bspline*” tidak diperlukan lagi pengambilan titik sedetail mungkin. Ini akan memakan banyak waktu.

2. Digitasi di atas monitor (*On Screen Digitizing*)

Digitasi *on screen* dilakukan dengan cara memindai (scan) peta manuskrip yang sudah jadi – untuk mengubah data analog menjadi bentuk gambar digital (*image digital*). Scanning peta yaitu proses untuk merekam peta kertas (*hardcopy*) menjadi data gambar (*raster digital*). Tujuannya untuk memakai gambar peta sebagai latar pada proses digitasi on-screen. Ketika proses scanning dilakukan, perlu menentukan tingkat kedalaman gambar, diukur dengan nilai *dpi* (*dot per inch*). Semakin besar nilai *dpi* maka semakin jelas *image* yang dihasilkan. Hal ini berguna untuk menjaga gambar agar tidak pecah saat perbesaran, objek yang kecil nampak jelas dan digitasi tidak keluar dari batas objek (lebih teliti).

Gambar tersebut kemudian dikoreksi dari koordinat scan ke sistem koordinat semula. Gambar yang telah dikoreksi siap didigit dengan perangkat lunak tertentu. Scanner akan menghasilkan data digital dalam format raster/*bitmap* (BMP, TIFF, PBM, GIF, JPEG, dll). Data dalam format ini tidak bagus jika ingin dijadikan sebagai peta dasar atau jika skalanya diubah-ubah.

Teknik konversi data dari analog menjadi data digital seperti diuraikan di atas, masing-masing tentu mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan yang ada pada satu teknik dapat digunakan untuk menutupi kekurangan pada teknik yang lain. Penguasaan terhadap teknik-teknik tersebut akan memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam proses konversi data analog menjadi data digital dengan mempertimbangkan alat yang tersedia. Digitasi on

screen yang dilakukan dapat menggunakan *software map info*, ataupun melakukan digitasi otomatis dengan *software R2V*. Pembuatan peta dengan memanfaatkan teknologi komputer, dalam prakteknya, masih tetap memanfaatkan peta-peta manual yang merupakan produk dari kartografi “tradisional”. Melalui proses yang bisa disebut sebagai proses digitalisasi, peta-peta manual (analog) dikonversi menjadi *layer-layer* data digital yang menjadi “bahan” pembuatan peta digital. Hasil dari proses digitalisasi, yaitu data digital, dapat disimpan dalam dua format yang berbeda yaitu raster dan vektor. Kedua format data digital tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, namun perkembangan teknologi telah memungkinkan konversi dari kedua format dilakukan dalam waktu yang cepat sehingga perbedaan antara keduanya tidak perlu dipermasalahkan. Pembahasan yang ada dalam praktikum ini dibatasi pada data digital dalam format vektor.

2.9 Global Positioning System (GPS)

GPS (Global Positioning System) adalah sistem satelit navigasi dan penentu posisi yang memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi dan informasi waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa tergantung kepada waktu dan cuaca. (Abidin, et al., 2009)

GPS (Global Positioning System) adalah sebuah sistem atau proses untuk menentukan suatu posisi manapun di planet bumi ini berdasarkan 4 faktor: *latitude*, *longitude*, *altitude* dan *time*. Istilah lengkap *GPS* adalah *NAVSTAR-GPS (Navigation System Timing and Ranging – GPS)*. Dibangun oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat dengan dua tipe pelayanan: (1) *SPS (Standard Positioning System)* untuk warga sipil, dan (2) *PPS (Precise Positioning System)* untuk militer). Satelit *GPS* pertama, diluncurkan pada 22 Februari 1978. Fungsi *GPS* selain untuk menentukan posisi dari sesuatu benda/hal, *GPS* digunakan juga untuk menentukan variabel-variabel turunan seperti:

(1) Kecepatan, (2) Percepatan (Akselerasi), (3) Arah laju, dan (4) Ukuran Interval (i.e. Jarak, Selang waktu). (Firdaus, 2010)

GPS atau *Global Positioning System*, merupakan sebuah alat atau sistem yang dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya dimana dia berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasiskan satelit. Data dikirim dari satelit berupa sinyal radio dengan data digital. Dimanapun berada, maka *GPS* bisa membantu menunjukkan arah, selama melihat langit.

2.10 Metode Penentuan Posisi

Metode penentuan posisi dengan *GPS* dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu: *absolute*, *differential*, *static*, *rapid static*, *pseudo-kinematic*, dan *stop-and-go*.

Tabel 2.2 Metode penentuan posisi dengan *GPS*

Metode	<i>Absolute</i> (1 receiver)	<i>Differential</i> (min. 2 receiver)	Titik	<i>Receiver</i>
Statik	✓	✓	Diam	Diam
Kinematik	✓	✓	Bergerak	Bergerak
<i>Rapid</i>	-	✓	Diam	Diam
<i>Static</i>	-	✓	Diam	(singkat)
Pseudo	-	✓	Diam	Diam &
Kinematik	-	✓	Diam	bergerak
<i>Stop and</i>	-	✓	Diam	Diam &
<i>Go</i>	-	✓	Diam	bergerak

(Sumber: Firdaus, 2010)

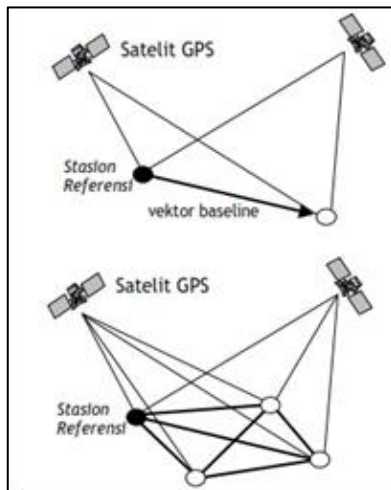
Berdasarkan aplikasinya, metode-metode penentuan posisi dengan *GPS* juga dapat dibagi atas dua kategori utama, yaitu survei dan navigasi.

2.10.1 Metode Penentuan Posisi Statik

Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik yang statik (diam). Penentuan posisi ini dapat dilakukan dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Dibandingkan dengan metode relative kinematic, ukuran lebih kepada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode

static biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi (mencapai orde mm dan cm). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei *GPS* untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan ataupun pemantauan fenomena deformasi geodinamika.

Pada prinsipnya, survei *GPS* bertumpu pada metode-metode penentuan posisi statik secara diferensial dengan menggunakan data fase. Dalam hal ini pengamatan satelit *GPS* umumnya dilakukan baseline per baseline selama selang waktu tertentu (beberapa puluh menit sampai beberapa jam tergantung tingkat ketelitian yang diinginkan) dalam suatu jaringan kerangka titik-titik akan ditentukan posisinya.

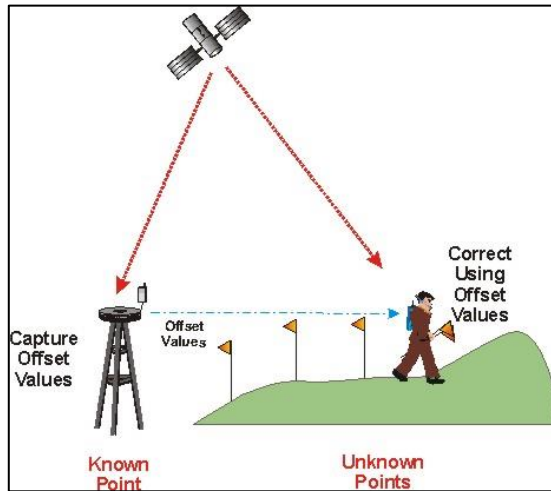


Gambar 2.5 Metode statik
(Sumber: Abidin H. Z., 1995)

2.10.2 Metode Penentuan Posisi Kinematik

Penentuan posisi secara kinematik adalah penentuan posisi dari titik yang bergerak. Posisi titik ditentukan dengan

menggunakan minimal 2 *receiver GPS* yang digunakan sebagai *base* dan *rover*.



Gambar 2.6 Metode kinematik
(Sumber: Abidin, 1995)

Pada penentuan posisi secara kinematik ini, posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya. Untuk mendapatkan ketelitian yang optimal pada metode kinematik harus berbasiskan differential positioning yang menggunakan data fase. (Abidin, 1995)

2.11 Visualisasi

Menurut (Card, dkk, 1998 dalam Mauludi, 2013) definisi visualisasi adalah menggunakan teknologi komputer sebagai pendukung untuk melakukan penggambaran data visual yang interaktif untuk memperkuat pengamatan.

Dan menurut (McCormick, 1987 dalam Mauludi, 2013) definisi visualisasi adalah metode penggunaan komputer untuk mentransformasikan simbol menjadi geometrik dan memungkinkan peneliti dalam hal mengamati simulasi komputasi

yang dapat memperkaya proses penemuan ilmiah sehingga dapat mengembangkan pemahaman yang lebih dalam dan tak terduga.

Berdasarkan definisi diatas dapat disimpulkan bahwa visualisasi adalah suatu teknik penggunaan komputer untuk menemukan metode terbaik dalam menampilkan data (Mauludi, 2013). Dengan menggunakan visualisasi, data yang ditampilkan dapat mempermudah peneliti untuk melihat data yang sulit dilihat dengan pemikiran sehingga peneliti bisa mengamati simulasi dan komputasi, juga memperkaya proses penemuan ilmiah dan mengembangkan pemahaman yang lebih dalam dan tak diduka, salah satu contohnya adalah dengan menampilkan data atau informasi dalam bentuk gambar, contoh: grafik, pola, dan warna. Beberapa tujuan dari visualisasi, antara lain: (Mauludi, 2013)

1. Mengeksplor

Kegiatan eksplor dapat disebut juga penjelajahan atau pencarian, adalah tindakan mencari atau melakukan penjelajahan dengan tujuan menemukan sesuatu yang baru. Dalam hal visualisasi, mengeksplor bisa dalam bentuk eksplorasi terhadap data atau informasi yang ada yang dapat digunakan sebagai salah satu bagian dari elemen pengambilan keputusan.

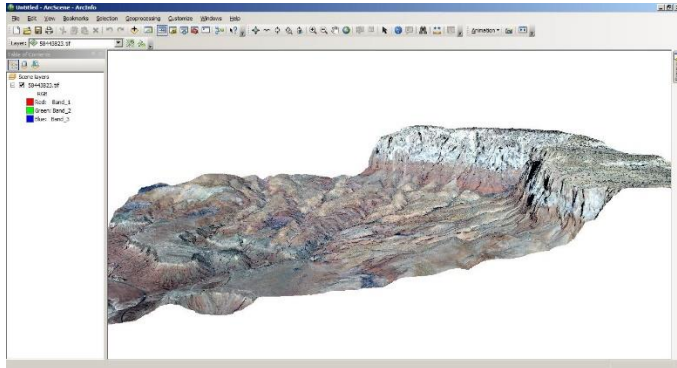
2. Menghitung

Menghitung adalah kegiatan yang bertujuan untuk mendapat gambaran tentang dimensi/bentuk suatu objek. Dalam hubungannya dengan visualisasi, menghitung dapat diartikan sebagai kegiatan melakukan analisa terhadap data yang ada dalam bentuk gambar seperti grafik dan tabel yang sudah terhitung sehingga manajemen hanya perlu melakukan pengambilan keputusan dari data yang sudah terhitung.

3. Menyampaikan

Data mentah yang diolah lalu ditampilkan dalam bentuk seperti grafik merupakan bentuk penyampaian dengan cara pendekatan visual yang mana dapat membuat orang yang melihat gambar tersebut dapat dengan mudah

menyimpulkan arti dalam gambar tersebut karena secara umum data yang diolah dalam bentuk grafik lebih mudah dipahami karena sifatnya yang tidak berbelit-belit melainkan langsung kepada poin yang dituju.



Gambar 2.7 Visualisasi 3 dimensi citra satelit menggunakan koordinat permukaan tanah
(Sumber: <http://arrowsmith410-598.asu.edu/>)

2.12 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information System (GIS)* merupakan sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya (Murai, 1999). Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum basis data, seperti query dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakannya dengan Sistem Informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi. Data dasar yang

dimasukkan dalam SIG diperoleh dari tiga sumber, yaitu data lapangan (teristris), data peta dan data penginderaan jauh. Komponen utama Sistem Informasi Geografis dapat dibagi kedalam 5 komponen utama yaitu:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

SIG membutuhkan komputer untuk penyimpanan dan pemprosesan data. Ukuran dari sistem komputerisasi bergantung pada tipe SIG itu sendiri. SIG dengan skala yang kecil hanya membutuhkan PC (*personal computer*) yang kecil dan sebaliknya. Komponen *hardware* SIG adalah:

- Alat masukan data (*digitizer, scanner, keyboard komputer, CD reader, diskette reader*),
- Alat penyimpan dan pengolah data (komputer dengan *hard disk, tapes* atau *cartridge unit, CD writer*),
- Alat penampil dan penyaji keluaran/informasi (monitor komputer, printer, plotter).

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Dalam pembuatan SIG di perlukan software yang menyediakan fungsi tool yang mampu melakukan penyimpanan data, analisis dan menampilkan informasi geografis. Elemen yang harus terdapat dalam komponen software SIG adalah:

- *Tool* untuk melakukan input dan transformasi data geografis,
- Sistem Manajemen Basis Data (DBMS),
- *Tool* yang mendukung query geografis, analisa dan visualisasi,
- *Graphical User Interface (GUI)* untuk memudahkan akses pada *tool* geografi.

Inti dari *software* SIG adalah *software* SIG itu sendiri yang mampu menyediakan fungsi-fungsi untuk penyimpanan, pengaturan, *link, query* dan analisa data geografi.

Beberapa contoh *software* SIG adalah *ArcView*, *MapInfo*, *ArcInfo*, *ArcMap* untuk SIG, *CAD system* untuk *entry graphic data* dan *ERDAS* serta *ER-MAP* untuk proses *remote sensing data*.

3. Data

Pada prinsipnya terdapat dua jenis data untuk mendukung SIG yaitu:

1. Data Spasial

Data spasial adalah gambaran nyata suatu wilayah yang terdapat di permukaan bumi. Umumnya direpresentasikan berupa grafik, peta, gambar dengan format digital dan disimpan dalam bentuk koordinat x,y (vektor) atau dalam bentuk image (raster) yang memiliki nilai tertentu. Struktur data spasial dibagi dua yaitu model data raster dan model data vektor. Data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat (*grid*) atau sel sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur. Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik, garis atau area (*polygon*).

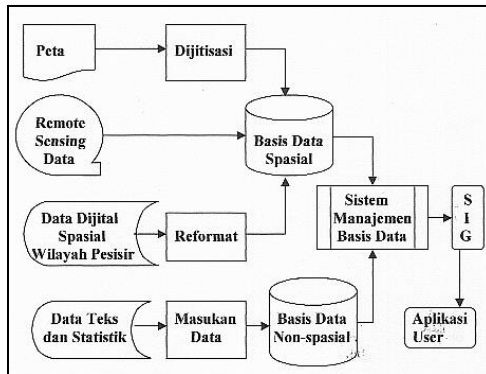
2. Data Non Spasial (Atribut)

Data non spasial adalah data berbentuk tabel dimana tabel tersebut berisi informasi- informasi yang dimiliki oleh obyek dalam data spasial. Data tersebut berbentuk data tabular yang saling terintegrasi dengan data spasial yang ada.

4. Pemakai (*User*)

User adalah personil atau orang yang menggunakan dan memanfaatkan SIG. Atau disebut juga eksekutor sehingga

program bisa dijalankan dan mendapatkan output yang diinginkan.



Gambar 2.8 Alur SIG
(Sumber: Murai S., 1999)

5. Metode

Metode yang digunakan dalam SIG akan berbeda untuk setiap permasalahan. SIG yang baik tergantung pada aspek desain dan aspek realnya.

2.13 Ruang Lingkup Sistem Informasi Geografis (SIG)

Pada dasarnya SIG terdapat beberapa proses, yaitu:

1. Input Data

Proses input data digunakan untuk menginputkan data spasial dan data non-spasial. Data spasial biasanya berupa peta analog. Untuk SIG harus menggunakan peta digital sehingga peta analog tersebut harus dikonversi ke dalam bentuk peta digital dengan menggunakan alat *digitizer*. Selain proses digitasi dapat juga dilakukan proses *overlay* dengan melakukan proses *scanning* pada peta analog.

2. Manipulasi Data

Tipe data yang diperlukan oleh suatu bagian SIG mungkin perlu dimanipulasi agar sesuai dengan sistem yang dipergunakan. Oleh karena itu SIG mampu

melakukan fungsi edit baik untuk data spasial maupun non-spasial.

3. Manajemen Data

Setelah data spasial dimasukkan maka proses selanjutnya adalah pengolahan data non-spasial. Pengolaha data non-spasial meliputi penggunaan DBMS untuk menyimpan data yang memiliki ukuran besar.

4. *Query* dan Analisis

Query adalah proses analisis yang dilakukan secara tabular. Secara fundamental SIG dapat melakukan dua jenis analisis, yaitu:

➤ Analisis *Proximity*

Analisis *Proximity* merupakan analisis geografi yang berbasis pada jarak antar layer. SIG menggunakan proses *buffering* (membangun lapisan pendukung di sekitar *layer* dalam jarak tertentu) untuk menentukan dekatnya hubungan antar sifat bagian yang ada.

➤ Analisis *Overlay*

Overlay merupakan proses penyatuan data dari lapisan layer yang berbeda. Secara sederhana *overlay* disebut sebagai operasi visual yang membutuhkan lebih dari satu layer untuk digabungkan secara fisik.

5. Visualisasi

Untuk beberapa tipe operasi geografis, hasil akhir terbaik diwujudkan dalam peta atau grafik. Peta sangatlah efektif untuk menyimpan dan memberikan informasi geografis.

2.14 DEM (*Digital Elevation Model*)

DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan

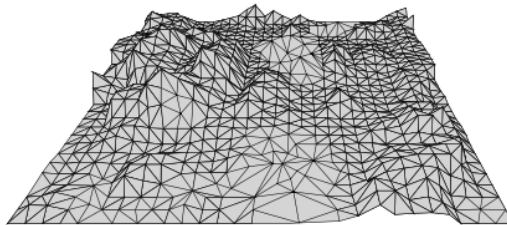
dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Templi, 1991). Adapun struktur data yang digunakan untuk membuat *DEM*, yaitu:

1. *Grid*

Grid menggunakan sebuah bidang segitiga teratur, segi empat, atau bujur sangkar atau bentuk siku yang teratur. Perbedaan resolusi grid dapat digunakan, pemilihannya biasanya berhubungan dengan ukuran daerah penelitian dan kemampuan fasilitas komputer. Data dapat disimpan dengan berbagai cara, biasanya metode yang digunakan adalah koordinat Z berhubungan dengan rangkaian titik-titik sepanjang profil dengan titik awal dan spasi *grid* tertentu.

2. *TIN (Triangulated irregular network)*

TIN adalah rangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih pada ruang tak beraturan dengan koordinat x, y, dan nilai z yang menyajikan data elevasi. Model *TIN* disimpan dalam topologi berhubungan antara segitiga dengan segitiga didekatnya, tiap bidang segitiga digabungkan dengan tiga titik segitiga yang dikenal sebagai facet. Titik tak teratur pada *TIN* biasanya merupakan hasil sampel permukaan titik khusus, seperti lembah, igir, dan perubahan lereng (Kreveld, 1997). Gambar 2.9 adalah contoh *TIN* yang terdiri dari serangkaian segitiga untuk menghasilkan informasi pada daerah padat dan kompleks, serta informasi yang jarang pada daerah homogen.



Gambar 2.9 *TIN*
(Sumber: Kreveld, 1997)

2.15 Perhitungan Volume

Volume mempunyai dimensi kubik, misalnya meter kubik (m^3). Seringkali, suatu bidang yang ingin kita hitung volumenya memiliki bentuk yang tidak ideal, misalnya tidak berbentuk balok ataupun silinder (Yuwono, 2004). Prinsip perhitungan volume adalah 1 (satu) luasan dikalikan 1 (satu) wakil tinggi. Secara sederhana, diambil contoh suatu balok yang mempunyai ukuran panjang 10 m, lebar 0,5 m dan tinggi 6 m. Maka volume = panjang x lebar x tinggi = 10 m x 0,5 m x 6 m = 30 m^3 . Selain itu, terdapat beberapa metode yang dapat membantu dalam perhitungan volume, yaitu: (Yuwono, 2004)

1. Penampang Rata-Rata

$$volume = \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \times d \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

a_1 = Luas penampang 1

a_2 = Luas penampang 2

d = Jarak antar penampang 1 dan 2

2. Kontur

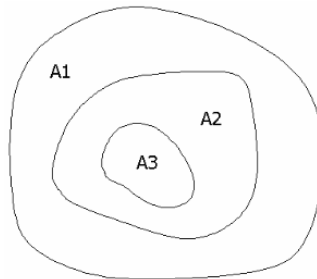
Prinsipnya hampir sama dengan penampang rata-rata.

$$volume = \left(\frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \right) \times ((n - 1) \times d) \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

a_1, a_2, a_n = Luas Penampang

d = Interval Kontur



Gambar 2.10 Metode Kontur

2.16 Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aulia Mustika Akbari yang dilakukan pada tahun 2011, penulis berinisiatif untuk memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk mendapatkan informasi sebaran lumpur beserta volumenya yang berada di dalam area terdampak. Dari pengukuran langsung di sisi selatan semburan lumpur yang dilakukan oleh penulis, didapatkan volume semburan lumpur, yaitu $63.813,053 \text{ m}^3$ per hari. Sedangkan untuk pengukuran tidak langsung hasil interpretasi citra Ikonos bulan Agustus-Oktober 2011, didapatkan volume $51.143,585 \text{ m}^3$, yang mana merupakan hasil pembagian antara 67 hari dengan $3.426.620,175 \text{ m}^3$ volume lumpur pada bulan Oktober 2011. Dan berdasarkan hasil pertampalan antara citra bulan juni, agustus, hingga oktober 2011, penulis menyimpulkan bahwa arah semburan lumpur dominan menuju ke arah barat dan selatan, serta sedikit ke arah utara.

Selanjutnya, berdasarkan penelitian pada tahun 2009 yang dilakukan oleh Teguh Hariyanto, penulis menyoroti masalah terkait semburan lumpur di Sidoarjo yang aliran lumpurnya susah untuk diarahkan karena terjadinya jebolannya tanggul cincin pada tahun 2009. Penulis memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk membantu dalam proses monitoring tanggul, lalu menyediakan informasi terkait prediksi arah sebaran beserta jenis klasifikasi lumpurnya. Untuk melakukannya, penulis menggunakan citra satelit Ikonos yang diakuisisi pada 3 waktu

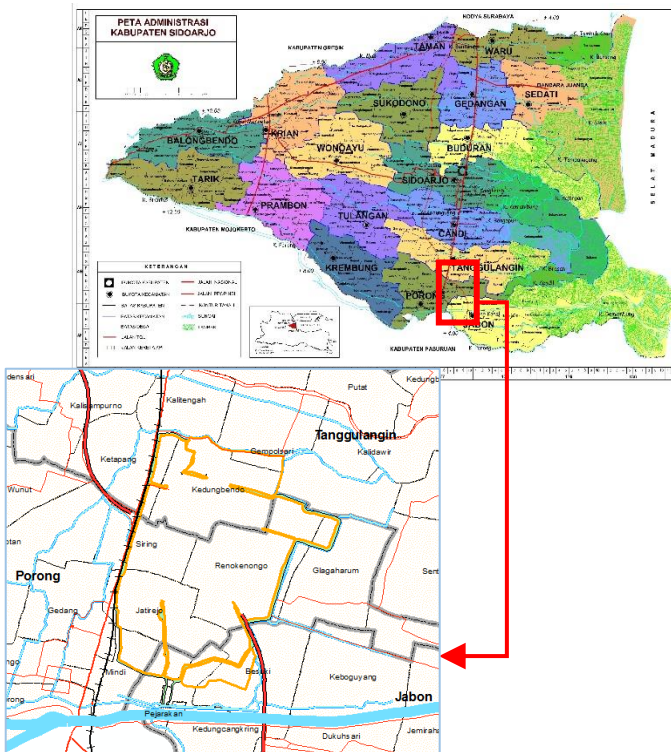
yang berbeda, yaitu juli, agustus, dan september 2009. Selain itu, penulis menggunakan citra satelit Ikonos juli 2006 yang sudah dikoreksi geometrik dari data GPS Geodetik di lapangan maupun di dalam tanggul, yang berguna sebagai citra referensi. Dari hasil klasifikasi citra Ikonos 3 bulan berturut-turut, penulis mendapati bahwa semburan lumpur yang masih basah cenderung mengarah ke bagian barat dan utara, yang mana dibagian barat tanggul terdapat jalan arteri porong, sedangkan di bagian utara terdapat perumahan. Untuk bagian timur, lebih dominan berisi air di permukaannya. Dan di bagian selatan, lumpur sudah mengalami pengerasan, dan cenderung sulit dialiri oleh aliran lumpur baru. Maka dari itu bagian utara lebih rawan terjadi jebol. Luas keseluruhan lahan yang terdampak lumpur mencapai 678 Ha, namun yang dapat teraliri lumpur yang berasal dari pusat semburan hanya 509 Ha. Penulis berasumsi salah satu penyebabnya adalah karena hampir 25% area di dalam tanggul mengalami pengerasan (lumpur solid).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dari tugas akhir ini adalah kawasan yang berada di dalam area terdampak lumpur panas, di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kawasan area terdampak lumpur Sidoarjo ini secara geografis terletak di antara $7^{\circ}30'40''$ - $7^{\circ}32'31''$ LS dan $112^{\circ}42'28''$ - $112^{\circ}43'6''$ BT. 3 kecamatan terdampak lumpur Sidoarjo ini, antara lain Kecamatan Tanggulangin, Porong, dan Jabon.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: *google.com* dan dokumen Badan Pelaksana
Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, antara lain:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. *Notebook* untuk pengolahan data citra satelit, perhitungan volume lumpur, visualisasi 3 dimensi elevasi permukaan lumpur, analisa data hasil pengolahan, dan penulisan laporan;
 - b. *GPS* Geodetik dengan merk *Sokkia* tipe *GRX1* untuk melakukan observasi *GPS* metode kinematik guna memperoleh koordinat di permukaan lumpur dan taggul penahan; dan
 - c. *Handphone* untuk dokumentasi observasi lapangan.
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. Sistem operasi *Windows 10 Enterprise 64-bit*;
 - b. *ArcGIS 10.3* untuk klasifikasi tutupan permukaan lumpur, pembuatan visualisasi 3 dimensi permukaan lumpur, dan *layouting* peta;
 - c. Perangkat lunak pengolah citra untuk proses *mosaicking* data citra satelit resolusi tinggi; dan
 - d. *Microsoft Office 2016* untuk penulisan laporan dan pengolahan data angka tabular perhitungan volume tutupan permukaan lumpur;

3.2.2 Data

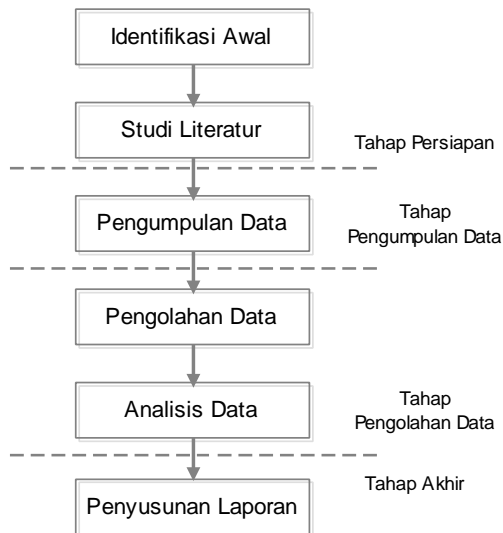
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Citra satelit *Worldview-2* akuisisi tanggal 06 Agustus 2014;
- b. Citra satelit *Worldview-2* akuisisi tanggal 05 Juli 2015;

- c. Data koordinat X, Y, dan Z di permukaan lumpur, hasil observasi lapangan menggunakan GPS Geodetik (Kinematik).

3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah seperti pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir metode penelitian:

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah:

i. Identifikasi Awal

Identifikasi awal bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan. Adapaun permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimanakah perubahan yang terjadi pada volume lumpur dan elevasinya di

dalam tanggul penahan pada tahun 2014-2015 menggunakan metode penginderaan jauh dengan citra satelit resolusi tinggi, serta seperti apa kecenderungan persebaran arah semburan lumpur yang terjadi jika diperhatikan dari visualisasi 3 dimensinya.

ii. Studi Literatur

Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan perhitungan volume tutupan lumpur, dan cara klasifikasi tutupan lumpur menggunakan citra satelit *Worldview-2*. Kemudian mencari literatur tentang pembuatan visualisasi 3 dimensi dari elevasi lumpur di daam tanggul penahan utama, dan metode pengumpulan data di lapangan. Semua literatur dicari berdasarkan literatur yang mendukung, baik dari buku, jurnal/paper penelitian sebelumnya, makalah ilmiah, internet, dan lain sebagainya.

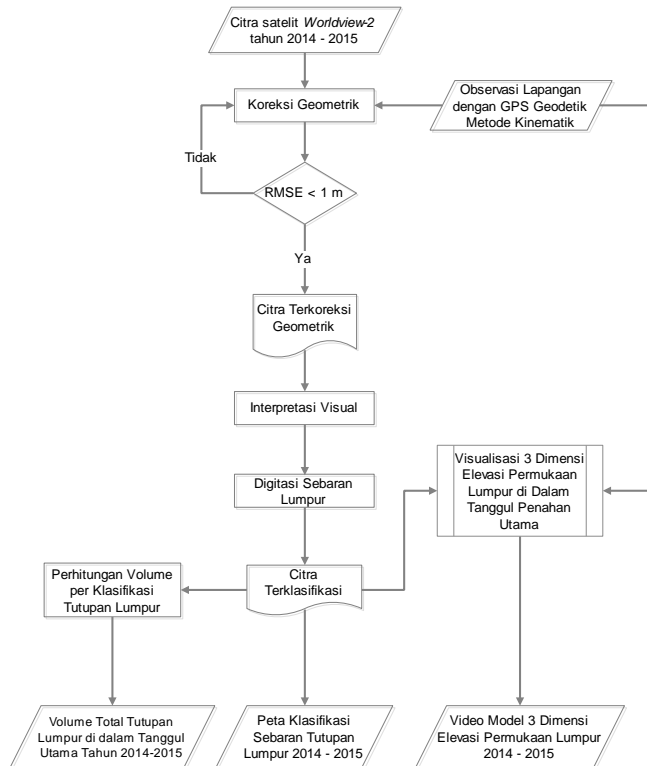
b. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mencari data-data yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian tugas akhir ini. Data tersebut dapat berupa data angka tabular maupun grafis yang dapat menunjang proses penelitian ini. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain berupa data citra satelit *Worldview-2* tahun 2014-2015 di sekitar kawasan area terdampak lumpur Sidoarjo, dan data koordinat permukaan lumpur di dalam tanggul penahan, yang diperoleh dari observasi GPS metode kinematik di lapangan. Pengukuran GPS metode kinematik dilakukan ketika objek/titik yang akan diukur bergerak, dan alat receiver pun bergerak (Abidin, 1995). Metode ini dipilih karena sifat

permukaan lumpur sangat dinamis, sehingga dirasa akan lebih cocok dengan kondisi medan tersebut.

c. Tahap Pengolahan Data

Adapun alur dari tahap pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram alir proses pengolahan data

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahap pengolahan data:

1. Pertama, adalah melakukan koreksi geometrik pada citra satelit resolusi tinggi tahun 2014 dan 2015 untuk mereduksi kesalahan geometrik. Sebenarnya produk citra

satelit *Worldview-2* yang penulis gunakan pada penelitian ini telah terorthorektifikasi, terkoreksi radiometrik dan geometrik. Artinya citra tersebut telah mencapai level 2A (Lampiran 3). Namun untuk memastikannya, penulis tetap mencoba untuk melakukan koreksi geometrik terhadap citra satelit yang akan digunakan. Koreksi geometrik ini melibatkan data observasi lapangan menggunakan GPS Geodetik yang dilakukan di sekitar tanggul penahan lumpur. Secara umum, formula untuk menghitung besarnya nilai RMS Error dalam bidang dua dimensional adalah sebagai berikut: (LO & YEUNG, 2002)

$$RMSe = \sqrt{\frac{(x' - x_{orig})^2 + (y' - y_{orig})^2}{n}}$$

dimana:

(x', y') = Koordinat citra hasil koreksi geometrik

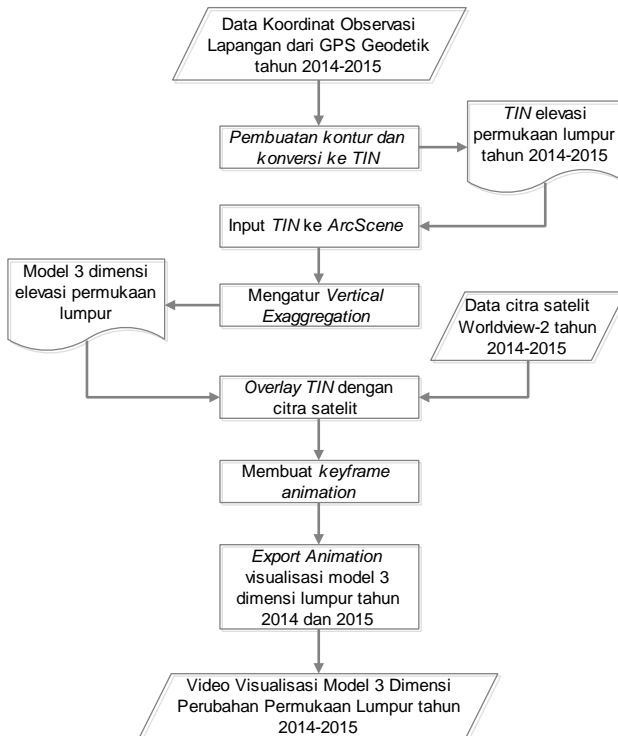
$(x, y)_{orig}$ = Koordinat titik kontrol tanah pada bidang referensi

N = Jumlah GCP

Koreksi geometrik dianggap benar apabila Root Mean Square (RMS) $Error \leq 1$ piksel (Rianelly, 2011).

2. *Ground Truth* (cek lapangan) untuk mengumpulkan data sekaligus melakukan dokumentasi di lapangan sebagai kontrol terhadap interpretasi visual citra satelit di tahap selanjutnya.
3. Proses interpretasi citra secara visual, yaitu dengan melihat karakteristik objek berdasarkan aspek keruangan (spasial). Untuk melakukan interpretasi tutupan lumpur dari citra satelit, digunakan beberapa unsur yang terdiri atas warna, bayangan, tekstur, pola, dan asosiasi kenampakan. Kemudian hasil interpretasi visual citra satelit tadi diklasifikasikan menjadi beberapa kelas tutupan lumpur, antara lain: Air Berlumpur, Lumpur Basah, Lumpur Kering, dan Lumpur Mulai Mengering. Hasil klasifikasi

- tutupan lumpur tersebut kemudian digeneralisasi dengan cara digitasi. Langkah ini diambil agar nantinya proses perhitungan volume tutupan lumpur menjadi lebih singkat.
4. Selanjutnya dilakukan perhitungan volume semburan lumpur menggunakan data koordinat 3 dimensi hasil observasi lapangan menggunakan *GPS* Geodetik metode Kinematik. Yang terakhir adalah melakukan visualisasi pemodelan 3 dimensi elevasi permukaan lumpur, agar dapat dianalisis kecenderungan arah aliran dan bentuk permukaan lumpur yang ada (*flowchart* visualisasi 3 dimensi dapat dilihat pada gambar 3.4).



Gambar 3.4 Tahap visualisasi model 3 dimensi elevasi permukaan lumpur

Berikut adalah uraian diagram alir tahap visualisasi model 3 dimensi elevasi permukaan lumpur:

5. Langkah pertama adalah mempersiapkan data koordinat X, Y, dan Z observasi permukaan lumpur tahun 2014-2015 beserta dengan citra satelit *Worldview-2* tahun 2014-2015.
6. Kemudian data koordinat observasi permukaan lumpur dibentuk kontur dan dikonversikan menjadi bentuk *TIN* (*triangulated Irregular Network*) di *ArcMap*.
7. Data *TIN* yang sudah dibuat di *ArcMap*, selanjutnya diinputkan ke dalam *ArcScene*. Melalui *ArcScene* inilah proses pemodelan 3 dimensi permukaan lumpur dilakukan. Untuk melakukannya, perlu melakukan pengaturan *Vertical Exaggeration* objek *TIN*, sehingga menghasilkan bentuk 3 dimensi, dan dapat dilakukan analisis kecenderungan arah sebaran lumpurnya.
8. Citra satelit yang digunakan dalam klasifikasi dapat di-*overlay*-kan dengan model *TIN*. Dengan begitu, hasil visualisasi model 3 dimensi permukaan lumpur menjadi lebih mudah dipahami oleh khalayak umum.
9. Jika sudah melakukan *overlay* dengan citra satelit, dilanjutkan dengan tahap membuat *keyframe animation*. *Keyframe* berguna sebagai jalur/*track* dalam menghasilkan video hasil akhir pemodelan 3 dimensi permukaan lumpur.
10. Pada tahap akhir dilakukan *Export Animation* atau *rendering* untuk menyimpan video visualisasi pemodelan 3 dimensi ke dalam format *file *.AVI*. Format **.AVI* sama halnya dengan format-format video lain, yang mana lebih fleksibel untuk diolah menggunakan perangkat lunak *video editing*.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Analisis Ketelitian RMSE Citra *Worldview-2*

Citra *Worldview-2* tahun 2014-2015 yang diperoleh dari Kantor Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo sebenarnya sudah layak untuk langsung diolah, karena *Product Level* citra tersebut adalah 2A (level 2), dibuktikan dengan *RAW Data* pada citra tahun 2014. Artinya citra yang akan digunakan telah terkoreksi radiometrik maupun geometri, sekaligus sudah terorthorektifikasi. Untuk meyakinkan, penulis tetap melakukan koreksi geometri dengan *GCP (Ground Control Point)* yang diperoleh pada observasi lapangan menggunakan alat *GPS Geodetik* metode Statik, dan posisinya menyebar mengelilingi tanggul penahan lumpur. Total jumlah titik *GCP* yang digunakan adalah sebanyak 15 titik.

Berdasarkan hasil dari koreksi geometrik yang telah penulis lakukan, didapatkan hasil perhitungan *RMS Error* citra satelit *Worldview-2* sebesar 0.456418 meter (Gambar 4.1 / Lampiran 2).

Link								
			Total RMS Error:		Forward:0.456418			
	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
<input checked="" type="checkbox"/>	1	689515.841424	9166282.640240	689517.100000	9166282.290000	0.98059	-0.29228	1.02322
<input checked="" type="checkbox"/>	2	688502.224175	9166152.158062	688502.340000	9166151.960000	-0.0664422	0	0.0664422
<input checked="" type="checkbox"/>	3	688024.043524	9166288.217668	688023.700000	9166288.210000	-0.454079	0.141663	0.475664
<input checked="" type="checkbox"/>	4	688005.205153	9167621.323459	688005.080000	9167620.490000	-0.0544583	-0.69229	0.694428
<input checked="" type="checkbox"/>	5	688110.630811	9168006.586198	688110.100000	9168006.870000	-0.420123	0.415819	0.591108
<input checked="" type="checkbox"/>	6	688206.287814	9168317.898742	688206.910000	9168317.550000	0.76402	-0.224762	0.796395
<input checked="" type="checkbox"/>	7	690273.664571	9167941.413103	690274.030000	9167941.540000	0.225678	0.126829	0.258875
<input checked="" type="checkbox"/>	8	689575.901999	9166864.424744	689575.890000	9166864.440000	-0.218515	0	0.218515
<input checked="" type="checkbox"/>	9	689889.713344	9166916.761961	689889.740000	9166916.850000	-0.207889	0.118658	0.239369
<input checked="" type="checkbox"/>	10	687919.660361	9166785.729640	687919.680000	9166785.690000	-0.0123968	0.11261	0.113291
<input checked="" type="checkbox"/>	11	687884.549373	9167213.554768	687884.540000	9167213.510000	0.0200061	0.106644	0.108504
<input checked="" type="checkbox"/>	12	687918.005731	9167390.677428	687918.010000	9167390.760000	0.053712	0.230696	0.236867
<input checked="" type="checkbox"/>	13	690741.465097	9167977.890222	690741.490000	9167977.900000	-0.162214	0	0.162214
<input checked="" type="checkbox"/>	14	689488.051433	9166972.211822	689488.040000	9166972.170000	-0.193648	0	0.193648
<input checked="" type="checkbox"/>	15	690321.843065	9168417.359443	690321.670000	9168417.340000	-0.25424	0	0.25424

☒ Auto Adjust
 Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

☐ Degrees Minutes Seconds
 Forward Residual Unit : Unknown

Gambar 4.1 Hasil *RMS Error*

Hasil ini dianggap telah sesuai dan membuktikan bahwa resolusi spasial citra satelit *Worldview-2* cocok dengan spesifikasi yang ada, yakni 0,46 meter.

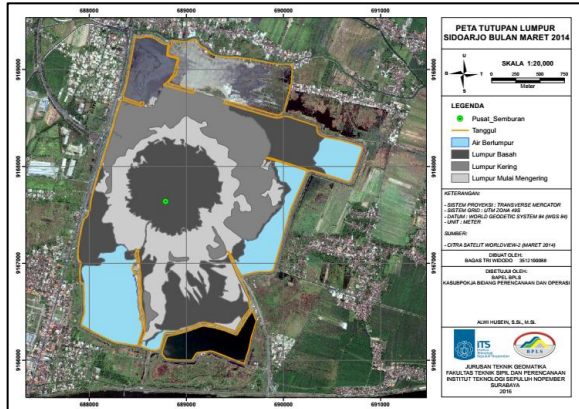
4.2 Analisis Interpretasi Citra dan Klasifikasi Lumpur

Intepretasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah intepretasi secara visual, dimana pengenalan objek dilakukan dengan proses peruntutan dari penafsir berdasarkan ciri obyek yang terekam. Dalam melakukan intepretasi citra, penulis melakukan penafsiran objek tutupan lumpur di citra secara visual sekaligus dengan mencocokkan dokumentasi observasi lapangan (*ground truth*). Dari hasil observasi lapangan dan interpretasi citra satelit, setidaknya terdapat 4 tutupan lumpur yang berada di dalam tanggul penahan, yaitu Air Berlumpur, Lumpur Basah, Lumpur Kering, dan Lumpur Mulai Mengering.

Hasil interpretasi tersebut kemudian dijadikan patokan untuk membuat *training sampling area*, yang kemudian diproses dengan metode klasifikasi *Maximum Likelihood*. Asumsi metode klasifikasi ini ialah bahwa objek homogen selalu menampilkan histogram yang terdistribusi normal (Loppies, 2010). Artinya metode ini mengklasifikasikan objek-objek lain di dalam citra berdasarkan ciri-ciri kemiripan dari piksel-piksel yang dijadikan *training sampling area*.

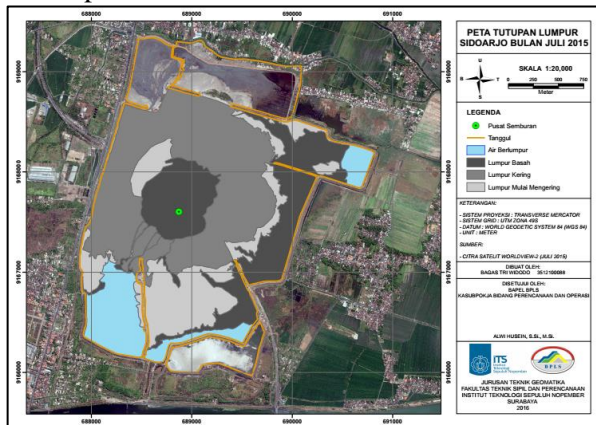
Dalam melakukan klasifikasi citra satelit *Worldview-2* tahun 2014, penulis menggunakan 33 *traing area*, yang terdiri dari 5 *sample* kelas Air Berlumpur, 7 *sample* Lumpur Basah, 11 *sample* Lumpur Kering, dan 10 *sample* Lumpur Mulai Mengering. Dan untuk citra tahun 2015, penulis menggunakan 7 *sample* kelas Air Berlumpur, 9 *sample* Lumpur Basah, 10 *sample* Lumpur Kering, dan 10 *sample* Lumpur Mulai Mengering. Perlu diperhatikan bahwa jika semakin banyak *training area* yang digunakan, akan semakin teliti klasifikasi yang dihasilkan. Tetapi jika terlalu banyak pun juga dapat membuat rancu hasil klasifikasi, karena pada prinsipnya metode *Maximum Likelihood Classification* akan

mengelaskan piksel-piksel lain yang homogen dengan piksel-piksel yang dijadikan *training sample area*.



Gambar 4.2 Hasil klasifikasiutupan lumpur bulan Agustus 2014

Pada gambar 4.2 dan 4.3, dapat dilihat bahwa Air Berlumpur berwarna biru muda, Lumpur Basah berwarna abu-abu kehitaman, Lumpur Mulai Mengering berwarna abu-abu, dan Lumpur Kering berwarna abu-abu tua. Sedangkan titik berwarna hijau adalah pusat semburan lumpur.

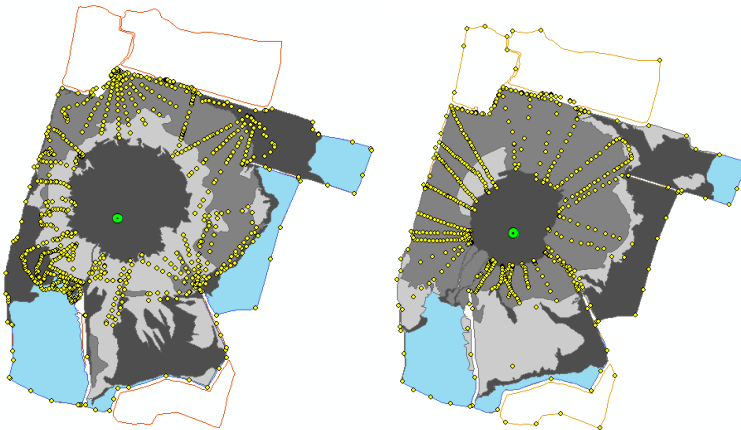


Gambar 4.3 Hasil klasifikasiutupan lumpur bulan Juli 2015

Jika diperhatikan pada gambar 4.2 dan 4.3, lumpur basah cenderung mengarah ke bagian timur tanggul penahan lumpur. Kemudian lumpur di timur tanggul dan di sekeliling lumpur basah sudah mulai mengering, ditandai dengan meluasnya tutupan Lumpur Kering pada bulan juli 2015. Tutupan Lumpur Mulai Mengering pada bagian selatan pun meluas, yang sebelumnya dominan tutupan Lumpur Basah.

4.3 Analisis Perhitungan Volume Tutupan Lumpur

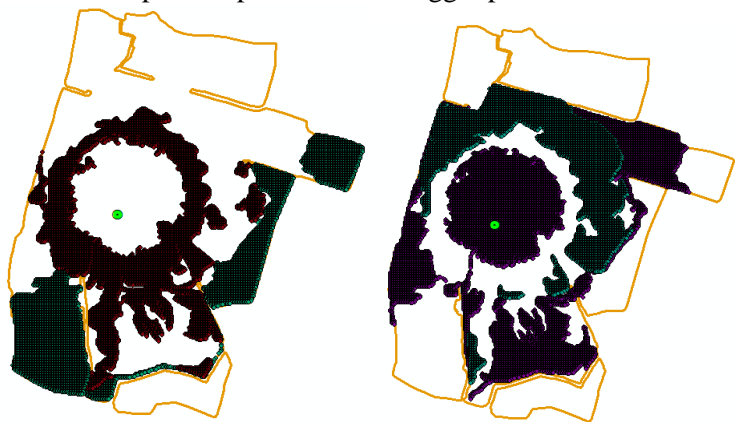
Pada prinsipnya, perhitungan volume tanah dapat dilakukan jika luas suatu bidang tanah diketahui, dan diketahui ketinggian rata-rata dari bidang tanah tersebut. Maka dari itu, untuk menghitung volume lumpur di dalam tanggul, dibutuhkan data luasan tutupan lumpur yang sudah dibuat dan dijabarkan pada poin sebelumnya, beserta dengan data elevasi dari hasil observasi lapangan menggunakan *GPS* Geodetik metode kinematik.



Gambar 4.4 Data titik pengukuran elevasi lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015

Selanjutnya data koordinat dan elevasi permukaan lumpur tersebut diolah di *ArcMap* untuk dibentuk menjadi struktur data TIN (*triangulated Irregular Network*). Struktur data TIN ini mengandung nilai elevasi permukaan lumpur, yang selanjutnya

nilai elevasi tersebut di-extract, dan dapat dihitung elevasi rata-rata klasifikasi tutupan lumpur di dalam tanggul penahan.



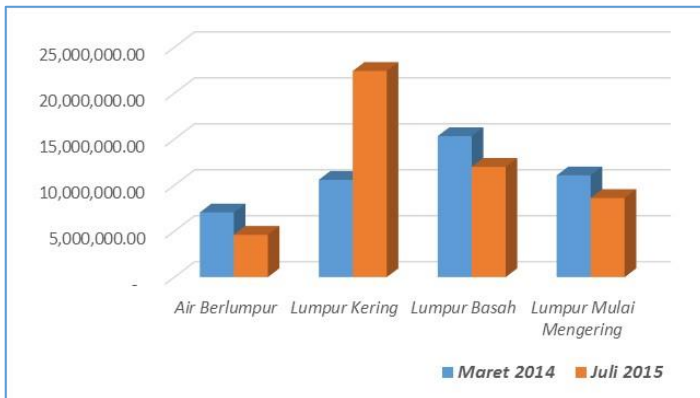
Gambar 4.5 Data poin elevasi permukaan lumpur bulan Maret 2014 hasil *extraction* TIN

Setelah data koordinat beserta elevasi di-overlay-kan dengan hasil klasifikasi tutupan lumpur seperti pada gambar 4.5, maka dapat dihitung volume lumpur keseluruhan berdasarkan klasifikasi tersebut.

Tabel 4.1 Volume tutupan lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015

MARET 2014			
Klasifikasi	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
Air Berlumpur	7.4411	945,826.49	7,037,950.25
Lumpur Kering	10.8074	979,711.04	10,588,084.74
Lumpur Basah	9.1354	1,679,201.49	15,340,213.82
Lumpur Mulai Mengering	9.2465	1,197,524.23	11,072,874.55
			44,039,123.365
JULI 2015			
Klasifikasi	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
Air Berlumpur	7.8291	588,234.59	4,605,361.51
Lumpur Kering	11.5692	1,939,155.96	22,434,478.24
Lumpur Basah	9.2989	1,290,761.32	12,002,633.96
Lumpur Mulai Mengering	8.8199	975,563.15	8,604,405.35
			47,646,879.058

Dalam selang waktu 16 bulan atau 1 tahun 4 bulan, terdapat selisih volume sebesar 3.607.755,693 m³ antara bulan Maret 2014 dengan Bulan Juli 2015. Jika dihitung kembali, maka volume lumpur yang keluar dari pusat semburan adalah sekitar 225.000 m³/bulan, atau 7.500 m³/harinya. Volume pada tabel 4.1 dan selisihnya tersebut sebenarnya bisa menjadi lebih besar jika pihak Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo tidak melakukan pemindahan/pembuangan lumpur melalui jalur pipa ke sungai porong. Volume tutupan lumpur pada bulan maret 2014 didominasi oleh tutupan lumpur basah (15.340.213,82 m³). Ini mungkin terjadi disebabkan karena pada bulan tersebut telah mulai memasuki musim penghujan.



Gambar 4.6 Grafik volume per klasifikasi tutupan lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015

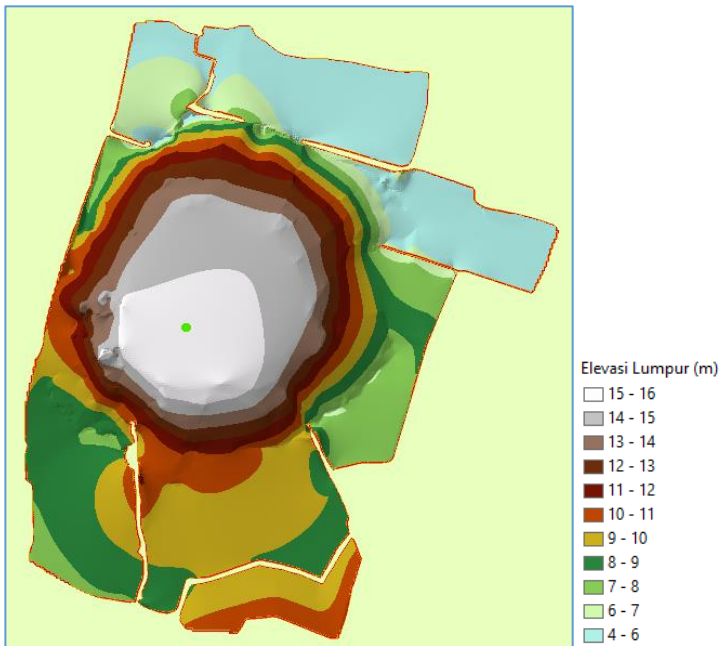
Berbeda dengan bulan Maret 2014, pada bulan Juli 2015 justru tutupan Lumpur Kering lebih mendominasi (22.434.478,24 m³). Karena memang pada saat penulis melakukan kegiatan ground truth / observasi lapangan sedang mengalami musim kemarau, membuat konsentrasi air di lumpur menjadi lebih sedikit. Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan volume ini adalah luasan dari bidang tutupan lumpur. Karena jika luasan bidang tutupan lumpur terlalu besar, maka semakin banyak pula nilai elevasi

permukaan yang digeneralisasi / dirata-ratakan. Hal ini dapat mempengaruhi hasil perhitungan volume secara keseluruhan.

4.4 Analisis Visualisasi Pemodelan 3 Dimensi Permukaan

Lumpur

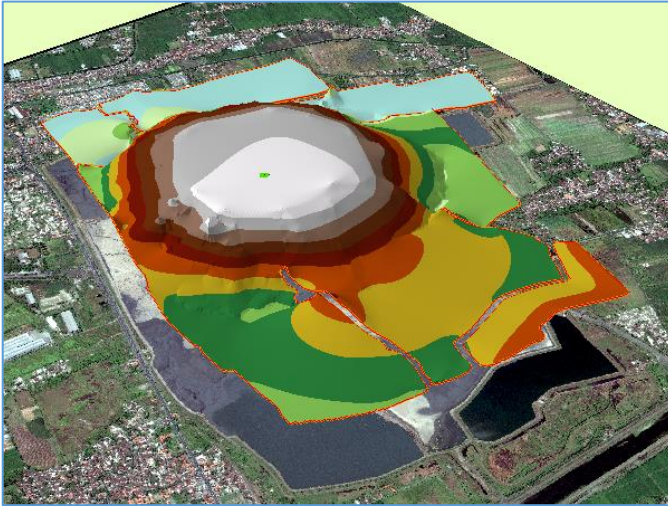
Pemodelan 3 dimensi permukaan lumpur dilakukan menggunakan fasilitas *ArcScene*, yang masih dalam satu konstelasi perangkat lunak *ArcGIS*. Tujuan melakukan pemodelan 3 dimensi adalah untuk mengetahui bentuk permukaan tutupan lumpur yang muncul sejak tanggal 29 Mei 2006 tersebut. Data yang digunakan pada pemodelan ini adalah data elevasi yang sudah dijadikan satu dalam struktur data *TIN* (triangulated Irregular Network).



Gambar 4.7 *TIN* elevasi permukaan lumpur bulan Maret 2014

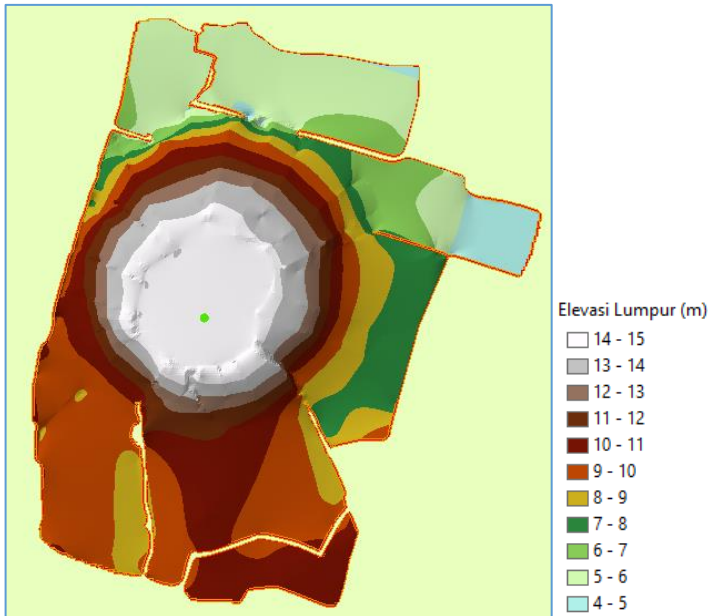
Struktur data *TIN* ini mengandung nilai elevasi permukaan lumpur, yang kemudian akan dimodelkan menjadi bentuk 3

dimensi (Krevelde, 1997). Pada gambar 4.7, elevasi terendah adalah 4.38 meter yang dominan berada di sebelah utara tanggul. Tanggul sebelah utara tersebut jebol pada pertengahan tahun 2011 lalu. Dan elevasi tertinggi adalah 16,22 meter yang berada di dekat pusat semburan lumpur.



Gambar 4.8 Model 3 dimensi permukaan lumpur bulan Maret 2014

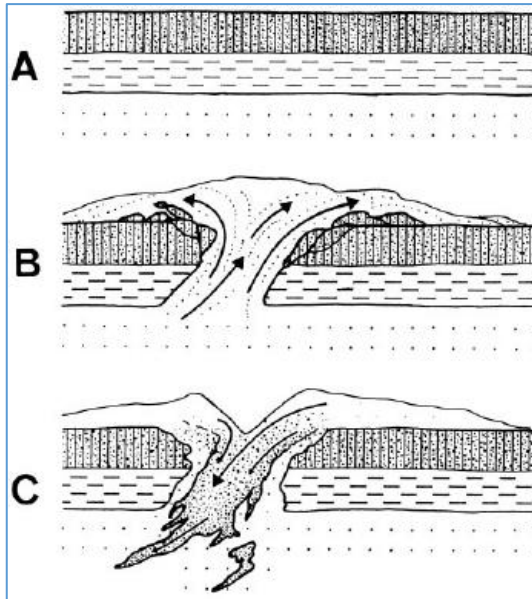
Berdasarkan pemodelan elevasi permukaan lumpur pada gambar 4.8, elevasi permukaan lumpur bagian utara yang berdekatan dengan pusat semburan lebih rendah daripada di sebelah selatan, sehingga hal ini akan mempengaruhi arah aliran lumpur yang cenderung mengarah ke utara. Hal ini dapat terjadi, mungkin dikarenakan oleh kondisi topografi tanah di sebelah selatan memang lebih tinggi, mengingat terdapat Gunung Penanggungan di sebelah selatan Kabupaten Sidoarjo. Atau memang hal ini terjadi dikarenakan faktor dari dalam permukaan lumpur yang sangat dinamis, sehingga membuat elevasi lumpur di sebelah selatan yang berdekatan dengan pusat semburan menjadi lebih tinggi.



Gambar 4.9 *TIN* elevasi permukaan lumpur bulan Juli 2015

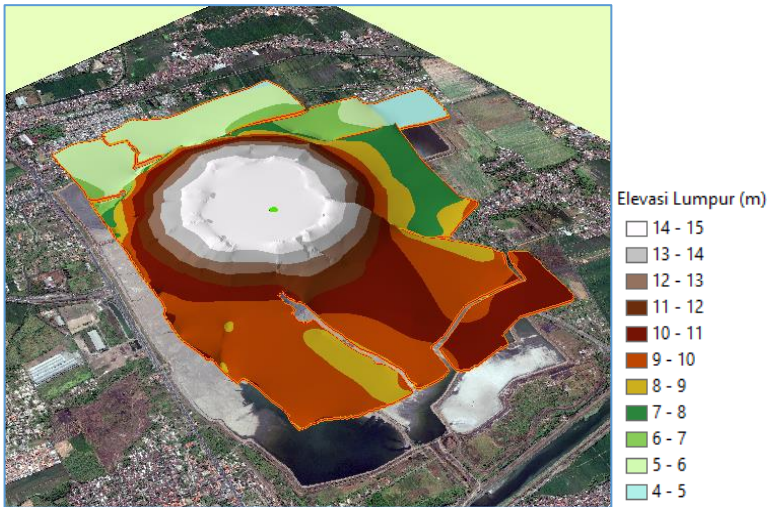
Elevasi maksimum pada permukaan lumpur bulan Juli 2015 adalah sebesar 14,67 meter (di dekat pusat semburan). 1,55 meter lebih rendah dari elevasi maksimum pada bulan Maret 2014. Seperti pada paragraf sebelumnya, hal ini terjadi dikarenakan volume lumpur basah yang terkonsentrasi di dekat pusat semburan sudah terlalu masif, sehingga struktur tanah di bawahnya tidak lagi dapat menahan beban, menyebabkan penurunan permukaan tersebut. Berkurangnya kekuatan / daya tanah untuk menahan beban di atasnya, salah satunya diakibatkan oleh likuifaksi.

Likuifaksi (pencairan tanah) adalah proses berkurangnya kekuatan geser tanah akibat beban seismik ketika terjadi gempa bumi (Muntohar, 2010). Menurut (Towhata, 2008 dalam Muntohar, 2010), likuifaksi terjadi pada tanah yang berpasir lepas (tidak padat) dan jenuh air.



Gambar 4.10 Likuifaksi tanah

Seiring naiknya tekanan air yang diakibatkan oleh guncangan gempa, maka tegangan efektif tanah menjadi berkurang. Sama halnya yang terjadi pada lumpur Sidoarjo, karena tanah di bagian bawah tutupan lumpur sudah terlalu banyak bercampur dengan air, membuat tegangan tanahnya cacat, dan akhirnya berpengaruh pada penurunan tanah secara ekstrem.



Gambar 4.11 Model 3 dimensi permukaan lumpur bulan Juli 2015

Sedangkan jika dilihat dari sisi samping, bentuk permukaan lumpur di dekat pusat semburan terlihat seperti kaldera atau fitur kawah gunung lumpur. Sekali lagi, ini terjadi karena faktor musim kemarau yang membuat lumpur mengering dan keras, membuat konsentrasi lumpur basah dominan berada di dekat pusat semburan. Akibatnya, tanah yang menopang di bagian bawah tidak kuat lagi untuk menahan, sehingga mengalami *sledding*, dan terbentuklah fitur kaldera seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.11.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun beberapa hal yang bisa disimpulkan dari penelitian ini adalah:

1. Tutupan lumpur terbagi menjadi 4 klasifikasi, antara lain adalah Air Berlumpur, Lumpur Basah, Lumpur Mulai Mengering, dan Lumpur Kering. Lumpur Basah cenderung mengarah ke bagian timur dari tanggul penahan lumpur. Tutupan Lumpur Mulai Mengering pada bagian selatan pun meluas, yang sebelumnya dominan tutupan Lumpur Basah. Volume total tutupan lumpur bulan Maret 2014 dan Juli 2015 adalah 44.039.123,365 m³ dan 47.646.879,058 m³. Terdapat selisih sebesar 3.607.755,693 m³.
2. Elevasi tertinggi permukaan lumpur terhadap MSL (*Mean Sea Level*) pada bulan Maret 2014 adalah 16,22 m, sedangkan elevasi terendahnya sebesar 4,38 m. Dan pada bulan Juli 2015, elevasi tertingginya sebesar 14,67 m, elevasi terendah 4,16 m.
3. Dari hasil pemodelan 3 dimensi bulan Maret 2014, didapati arah aliran lumpur cenderung ke arah utara. Pada bulan Juli 2015, lumpur basah terkonsentrasi di dekat pusat semburan, dikarenakan faktor musim kemarau yang membuat lumpur di dalam tanggul mengering dan keras. Hal ini mengakibatkan tanah di bawahnya tidak kuat menahan, dan mengalami *sledding*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, data citra satelit resolusi tinggi juga dapat dikolaborasikan dengan data pengukuran GPS untuk mencari volume permukaan, dalam hal ini permukaan lumpur

Sidoarjo. Namun alangkah baiknya jika hasil perhitungan volume ini dapat di-compare dengan data volume hasil pengukuran langsung di lapangan, yang umumnya menggunakan alat *Total Station*. Sehingga dapat diketahui perbandingan, selisih, dan kedekatan hasil perhitungan keduanya.

Selain itu, hasil perhitungan volume dan pemodelan 3 dimensi permukaan lumpur pada penelitian ini akan lebih akurat jika dilakukan setiap bulan pada 1 tahunnya. Ini akan dapat membantu pihak Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo dalam melakukan langkah-langkah antisipasi jika volume lumpur telah melebihi batas ketinggian tanggul, mengingat kondisi di dalam tanggul juga sangat dipengaruhi oleh faktor musim dan cuaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., 1995. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. et al., 2009. Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4 No. 4, Desember.pp. 275-284.
- Akbari, A. M. & Hariyanto, T., 2012. *PERHITUNGAN VOLUME SEMBURAN DAN SEBARAN LUMPUR SIDOARJO DENGAN CITRA*. Surabaya: Teknik Geomatika ITS.
- Ariani, R., 2009. *Klasifikasi Citra*. [Online]
Tersedia:
<http://rahmiariani.blogspot.co.id/2009/04/klasifikasi-citra.html>
- Ayuindra, M., 2013. *Analisa Tutupan Lahan menggunakan Klasifikasi Supervised dan Unsupervised*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bafdal, Nurpilihan, Amaru, K. & Boy, M., 2011. *Buku Ajar Sistem Geografis*. Bandung: Jurusan Teknik Manajemen Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran.
- Evan, 2014. *Tanggul Lapindo, dari Jebol ke Jebol*. [Online]
Tersedia:
<http://nasional.tempo.co/read/news/2014/09/11/058606020/tanggul-lapindo-dari-jebol-ke-jebol>
- Firdaus, O. M., 2010. *Analisis Implementasi Global Positioning System (GPS) pada Moda Transportasi di PT.X*. Yogyakarta, UGM Yogyakarta.
- Furqon, A., 2007. *Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Forest Canopy Density (FCD) dan Radar Backscattering JERS-1 SAR*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kreveld, M. v., 1997. *Algorithms for Triangulated Terrains*, s.l.: Dept. of Computer Science, Utrecht University, The Netherlands.

- LO, C. P. & YEUNG, A. K. W., 2002. *Concepts and Techniques of Geographic Information Systems*, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Loppies, R., 2010. *ANALISIS PENUTUPAN/PENGUNAAN LAHAN MENGGUNAKAN KLASIFIKASI KEMIRIPAN MAKSIMUM (MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION) DI PULAU SAPARUA DAN MOLANA, KECAMATAN SAPARUA*, Ambon: Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura.
- Mauludi, R. Y., 2013. *Visualisasi Informasi Berbasis Web Untuk Reporting Pada Website E-Rekrutmen PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero)*, Surabaya: STIKOM Surabaya.
- Muntohar, A. S., 2010. *MIKRO-ZONASI POTENSI LIKUIFAKSI DAN PENURUNAN TANAH AKIBAT GEMPA BUMI*, Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA.
- Murai, S., 1999. *Textbook on Remote Sensing and GIS*. Tokyo: the National Space Development Agency of Japan (NASDA) at Asian Institute of Technology.
- Rianelly, P. S., 2011. *Analisa Perubahan Tata Guna Lahan Wilayah Surabaya Barat Menggunakan Citra Satelit Quickbird Tahun 2003 Dan 2009*, Surabaya: Program Studi Teknik Geomatika ITS.
- Soemantri, L., 2009. *TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH (REMOTE SENSING)*, Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi UPI.
- Templi, 1991. *DTM and Differential Modelling*. Oxford, England, OEEPE publication, pp. 193-200.
- Yuwono, 2004. *PENDIDIKAN DAN PELATIHAN (DIKLAT) TEKNIS PENGUKURAN DAN PEMETAAN KOTA*. Surabaya: INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.

LAMPIRAN

A. Hasil Penelitian

Lampiran 1. Dokumentasi



Gambar 1. Pengukuran *GPS* Kinematik (*Base*)



Gambar 2. Pengukuran *GPS* Kinematik (*Rover*) dan tutupan Lumpur Basah serta Lumpur Mulai Mengering di dekat pusat semburan lumpur



Gambar 3. Tutupan Lumpur Kering



Gambar 4. Alat *GPS* Geodetik Sokkia *GRX1*

Lampiran 2. Hasil Koreksi Geometrik Citra *Worldview-2* Bulan Agustus 2014

Link

Total RMS Error: Forward:0.456418

	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
<input checked="" type="checkbox"/>	1	689515.841424	9166282.640240	689517.100000	9166282.290000	0.98059	-0.29228	1.02322
<input checked="" type="checkbox"/>	2	688502.224175	9166152.158062	688502.340000	9166151.960000	-0.0664422	0	0.0664422
<input checked="" type="checkbox"/>	3	688024.043524	9166288.217668	688023.700000	9166288.210000	-0.454079	0.141663	0.475664
<input checked="" type="checkbox"/>	4	688005.205153	9167621.323459	688005.080000	9167620.490000	-0.0544583	-0.69229	0.694428
<input checked="" type="checkbox"/>	5	688110.630811	9168006.586198	688110.100000	9168006.870000	-0.420123	0.415819	0.591108
<input checked="" type="checkbox"/>	6	688206.287814	9168317.898742	688206.910000	9168317.550000	0.76402	-0.224762	0.796395
<input checked="" type="checkbox"/>	7	690273.664571	9167941.413103	690274.030000	9167941.540000	0.225678	0.126829	0.258875
<input checked="" type="checkbox"/>	8	689575.901999	9166864.424744	689575.890000	9166864.440000	-0.218515	0	0.218515
<input checked="" type="checkbox"/>	9	689889.713344	9166916.761961	689889.740000	9166916.850000	-0.207889	0.118658	0.239369
<input checked="" type="checkbox"/>	10	687919.660361	9166785.729640	687919.680000	9166785.690000	-0.0123968	0.11261	0.113291
<input checked="" type="checkbox"/>	11	687884.549373	9167213.554768	687884.540000	9167213.510000	0.0200061	0.106644	0.108504
<input checked="" type="checkbox"/>	12	687918.005731	9167390.677428	687918.010000	9167390.760000	0.053712	0.230696	0.236867
<input checked="" type="checkbox"/>	13	690741.465097	9167977.890222	690741.490000	9167977.900000	-0.162214	0	0.162214
<input checked="" type="checkbox"/>	14	689488.051433	9166972.211822	689488.040000	9166972.170000	-0.193648	0	0.193648
<input checked="" type="checkbox"/>	15	690321.843065	9168417.359443	690321.670000	9168417.340000	-0.25424	0	0.25424

☒ Auto Adjust
 Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

☐ Degrees Minutes Seconds
 Forward Residual Unit : Unknown

Lampiran 3. Metadata Citra Satelit Worldview-2 Bulan Agustus 2014

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<isd>
  <IMD>
    <VERSION>24.06</VERSION>
    <GENERATIONTIME>2014-10-15T09:09:03.000000Z</GENERATIONTIME>
    <PRODUCTORDERID>053924486010_01_P001</PRODUCTORDERID>
    <PRODUCTCATALOGID>203001012E6D4600</PRODUCTCATALOGID>
    <IMAGEDESRIPTOR>Standard2A</IMAGEDESRIPTOR>
    <BANDID>RGB</BANDID>
    <PANSHARPENALGORITHM>UNB</PANSHARPENALGORITHM>
    <NUMROWS>13271</NUMROWS>
    <NUMCOLUMNS>15410</NUMCOLUMNS>
    <PRODUCTLEVEL>LV2A</PRODUCTLEVEL>
    <PRODUCTTYPE>Standard</PRODUCTTYPE>
    <NUMBEROFLOOKS>1</NUMBEROFLOOKS>
    <RADIOMETRICLEVEL>Corrected</RADIOMETRICLEVEL>
    <RADIOMETRICENHANCEMENT>Off</RADIOMETRICENHANCEMENT>
    <BITSPERPIXEL>16</BITSPERPIXEL>
    <COMPRESSIONTYPE>None</COMPRESSIONTYPE>
    <OUTPUTFORMAT>GeoTIFF</OUTPUTFORMAT>
    <BAND_R>
      <ULLON>1.126666687500000e+02</ULLON>
      <ULLAT>-7.500003750000000e+00</ULLAT>
      <ULHAE>3.500000000000000e+01</ULHAE>
      <URLON>1.127360092500000e+02</URLON>
      <URLAT>-7.500003750000000e+00</URLAT>
      <URHAE>3.118000000000000e+01</URHAE>
      <LRLON>1.127360092500000e+02</LRLON>
      <LRLAT>-7.559718750000000e+00</LRLAT>
      <LRHAE>3.118000000000000e+01</LRHAE>
      <LLON>1.126666687500000e+02</LLON>
      <LLAT>-7.559718750000000e+00</LLAT>
      <LLHAE>3.867000000000000e+01</LLHAE>
      <ABSCALFACTOR>1.103623000000000e-02</ABSCALFACTOR>
      <EFFECTIVEBANDWIDTH>5.740000000000000e-02</EFFECTIVEBANDWIDTH>
      <TDILEVEL>10</TDILEVEL>
    </BAND_R>
    <BAND_G>
      <ULLON>1.126666687500000e+02</ULLON>
      <ULLAT>-7.500003750000000e+00</ULLAT>
      <ULHAE>3.500000000000000e+01</ULHAE>
      <URLON>1.127360092500000e+02</URLON>
      <URLAT>-7.500003750000000e+00</URLAT>
      <URHAE>3.118000000000000e+01</URHAE>
      <LRLON>1.127360092500000e+02</LRLON>
      <LRLAT>-7.559718750000000e+00</LRLAT>
      <LRHAE>3.118000000000000e+01</LRHAE>
      <LLON>1.126666687500000e+02</LLON>
      <LLAT>-7.559718750000000e+00</LLAT>
      <LLHAE>3.867000000000000e+01</LLHAE>
      <ABSCALFACTOR>9.713071000000000e-03</ABSCALFACTOR>
      <EFFECTIVEBANDWIDTH>6.300000000000000e-02</EFFECTIVEBANDWIDTH>
      <TDILEVEL>14</TDILEVEL>
    </BAND_G>
    <BAND_B>
      <ULLON>1.126666687500000e+02</ULLON>
      <ULLAT>-7.500003750000000e+00</ULLAT>
      <ULHAE>3.500000000000000e+01</ULHAE>
```

```

<URLON>1.127360092500000e+02</URLON>
<URLAT>-7.50000375000000e+00</URLAT>
<URHAE>3.118000000000000e+01</URHAE>
<LRLON>1.127360092500000e+02</LRLON>
<LRLAT>-7.55971875000000e+00</LRLAT>
<LRHAE>3.118000000000000e+01</LRHAE>
<LLLON>1.126666687500000e+02</LLLON>
<LLLAT>-7.55971875000000e+00</LLLAT>
<LLHAE>3.867000000000000e+01</LLHAE>
<ABSCALFACTOR>1.260825000000000e-02</ABSCALFACTOR>
<EFFECTIVEBANDWIDTH>5.43000000000000e-02</EFFECTIVEBANDWIDTH>
<TDILEVEL>14</TDILEVEL>
</BAND_B>
<IMAGE>
  <SATID>WV02</SATID>
  <MODE>FullSwath</MODE>
  <SCANDIRECTION>Reverse</SCANDIRECTION>
  <CATID>103001003521CD00</CATID>
  <FIRSTLINETIME>2014-08-06T02:52:24.104903Z</FIRSTLINETIME>
  <AVGLINERATE>5.000010000000000e+03</AVGLINERATE>
  <EXPOSUREDURATION>2.00000000000000e-04</EXPOSUREDURATION>
  <MINCOLLECTEDROWGSD>5.530000000000000e-01</MINCOLLECTEDROWGSD>
  <MAXCOLLECTEDROWGSD>5.530000000000000e-01</MAXCOLLECTEDROWGSD>
  <MEANCOLLECTEDROWGSD>5.530000000000000e-01</MEANCOLLECTEDROWGSD>
  <MINCOLLECTEDCOLGSD>6.450000000000000e-01</MINCOLLECTEDCOLGSD>
  <MAXCOLLECTEDCOLGSD>6.460000000000000e-01</MAXCOLLECTEDCOLGSD>
  <MEANCOLLECTEDCOLGSD>6.450000000000000e-01</MEANCOLLECTEDCOLGSD>
  <MEANCOLLECTEDGSD>5.970000000000000e-01</MEANCOLLECTEDGSD>
  <ROWUNCERTAINTY>2.833000000000000e+01</ROWUNCERTAINTY>

```

```

<COLUNCERTAINTY>7.265000000000001e+01</COLUNCERTAINTY>
<MINSUNAZ>4.610000000000000e+01</MINSUNAZ>
<MAXSUNAZ>4.620000000000000e+01</MAXSUNAZ>
<MEANSUNAZ>4.620000000000000e+01</MEANSUNAZ>
<MINSUNEL>5.490000000000000e+01</MINSUNEL>
<MAXSUNEL>5.490000000000000e+01</MAXSUNEL>
<MEANSUNEL>5.490000000000000e+01</MEANSUNEL>
<MINSATAZ>8.509999999999999e+01</MINSATAZ>
<MAXSATAZ>8.559999999999999e+01</MAXSATAZ>
<MEANSATAZ>8.540000000000001e+01</MEANSATAZ>
<MINSATEL>5.680000000000000e+01</MINSATEL>
<MAXSATEL>5.690000000000000e+01</MAXSATEL>
<MEANSATEL>5.690000000000000e+01</MEANSATEL>
<MININTRACKVIEWANGLE>6.500000000000000e+00</MININTRACKVIEWANGLE>
<MAXINTRACKVIEWANGLE>6.600000000000000e+00</MAXINTRACKVIEWANGLE>
<MEANINTRACKVIEWANGLE>6.600000000000000e+00</MEANINTRACKVIEWANGLE>
<MINCROSSTRACKVIEWANGLE>2.850000000000000e+01</MINCROSSTRACKVIEWANGLE>
<MAXCROSSTRACKVIEWANGLE>2.850000000000000e+01</MAXCROSSTRACKVIEWANGLE>
<MEANCROSSTRACKVIEWANGLE>2.850000000000000e+01</MEANCROSSTRACKVIEWANGLE>
<MINOFFNADIRVIEWANGLE>2.920000000000000e+01</MINOFFNADIRVIEWANGLE>
<MAXOFFNADIRVIEWANGLE>2.920000000000000e+01</MAXOFFNADIRVIEWANGLE>
<MEANOFFNADIRVIEWANGLE>2.920000000000000e+01</MEANOFFNADIRVIEWANGLE>
<PNIIRS>4.700000000000000e+00</PNIIRS>
<CLOUDCOVER>0.000000000000000e+00</CLOUDCOVER>
<RESAMPLINGKERNEL>ENH</RESAMPLINGKERNEL>
<POSITIONKNOWLEDGESRC>R</POSITIONKNOWLEDGESRC>
<ATTITUDEKNOWLEDGESRC>R</ATTITUDEKNOWLEDGESRC>
<REVNUMBER>25318</REVNUMBER>

```

```

</IMAGE>
<MAP_PROJECTED_PRODUCT>
  <EARLIESTACQTIME>2014-08-06T02:52:28.617064Z</EARLIESTACQTIME>
  <LATESTACQTIME>2014-08-06T02:52:28.617064Z</LATESTACQTIME>
  <DATUMNAME>WGS84</DATUMNAME>
  <SEMIMAJORAXIS>6.3781370000000000e+06</SEMIMAJORAXIS>
  <INVERSEFLATTENING>2.982572235630000e+02</INVERSEFLATTENING>
  <DATUMOFFSETList>
    <DATUMOFFSET>0.0000000000000000e+00 0.0000000000000000e+00 0.0000000000000000e+00</DATUMOFFSET>
  </DATUMOFFSETList>
  <MAPPROJNAME>Geographic (Lat/Long)</MAPPROJNAME>
  <MAPPROJCODE>17</MAPPROJCODE>
  <MAPPROJPARAMList>
    <MAPPROJPARAM>6.366197723675813e+06 0.0000000000000000e+00 0.0000000000000000e+00 0.0000000000000000e+00
  </MAPPROJPARAMList>
  <PRODUCTUNITS>DD</PRODUCTUNITS>
  <ORIGINX>1.126666687500000e+02</ORIGINX>
  <ORIGINY>-7.500003750000000e+00</ORIGINY>
  <ORIENTATIONANGLE>0.000000000000000e+00</ORIENTATIONANGLE>
  <COLSPACING>4.500000000000000e-06</COLSPACING>
  <ROWSPACING>4.500000000000000e-06</ROWSPACING>
  <PRODUCTGSD>5.000000000000000e-01</PRODUCTGSD>
  <ULX>1.126666687500000e+02</ULX>
  <ULY>-7.500003750000000e+00</ULY>
  <ULR>3.500000000000000e+01</ULR>
  <URX>1.127360092500000e+02</URX>
  <URY>-7.500003750000000e+00</URY>
  <URH>3.118000000000000e+01</URH>
  <LRX>1.127360092500000e+02</LRX>

```

```

  <LRX>-7.559718750000000e+00</LRX>
  <LRH>3.118000000000000e+01</LRH>
  <LLX>1.126666687500000e+02</LLX>
  <LLY>-7.559718750000000e+00</LLY>
  <LLH>3.867000000000000e+01</LLH>
  <DEMCorrection>Coarse DEM</DEMCorrection>
  <NUMGCP>0</NUMGCP>
</MAP_PROJECTED_PRODUCT>
</IMD>
<TIL>
  <BANDID>RGB</BANDID>
  <NUMTILES>1</NUMTILES>
  <TILESIZEX>16384</TILESIZEX>
  <TILESIZEY>16384</TILESIZEY>
  <TILEUNITS>Pixels</TILEUNITS>
  <TILEOVERLAP>0</TILEOVERLAP>
  <TILE>
    <FILENAME>14AUG06025228-S2AS-053924486010_01_P001.TIF</FILENAME>
    <ULCOFFSET>0</ULCOFFSET>
    <ULROWOFFSET>0</ULROWOFFSET>
    <URCOFFSET>15409</URCOFFSET>
    <URROWOFFSET>0</URROWOFFSET>
    <LRCOFFSET>15409</LRCOFFSET>
    <LRROWOFFSET>13270</LRROWOFFSET>
    <LLCOFFSET>0</LLCOFFSET>
    <LLROWOFFSET>13270</LLROWOFFSET>
    <ULLON>1.126666687500000e+02</ULLON>
    <ULLAT>-7.500003750000000e+00</ULLAT>
    <URLON>1.127360092500000e+02</URLON>

```

```

<URLAT>-7.500003750000000e+00</URLAT>
<LRLON>1.127360092500000e+02</LRLON>
<LRLAT>-7.559718750000000e+00</LRLAT>
<LLLON>1.126666687500000e+02</LLLON>
<LLLAT>-7.559718750000000e+00</LLLAT>
<ULX>1.126666687500000e+02</ULX>
<ULY>-7.500003750000000e+00</ULY>
<URX>1.127360092500000e+02</URX>
<URY>-7.500003750000000e+00</URY>
<LRX>1.127360092500000e+02</LRX>
<LRY>-7.559718750000000e+00</LRY>
<LLX>1.126666687500000e+02</LLX>
<LLY>-7.559718750000000e+00</LLY>
</TILE>
</TIL>
<RPB>
  <SATID>WV02</SATID>
  <BANDID>RGB</BANDID>
  <SPECID>RPC00B</SPECID>
  <IMAGE>
    <ERRBIAS>1.396000000000000e+01</ERRBIAS>
    <ERRRAND>1.060000000000000e+00</ERRRAND>
    <LINEOFFSET>6635</LINEOFFSET>
    <SAMPOFFSET>7704</SAMPOFFSET>
    <LATOFFSET>-7.529900000000000e+00</LATOFFSET>
    <LONGOFFSET>1.127013000000000e+02</LONGOFFSET>
    <HEIGHTOFFSET>54</HEIGHTOFFSET>
    <LINESCALE>6635</LINESCALE>
    <SAMPSCALE>7705</SAMPSCALE>

```

```

    <LATSCALE>2.990000000000000e-02</LATSCALE>
    <LONGSCALE>3.470000000000000e-02</LONGSCALE>
    <HEIGHTSCALE>501</HEIGHTSCALE>
    <LINENUMCOEFList>
      <LINENUMCOEF>1.297831000000000e-03 0.000000000000000e+00
    </LINENUMCOEFList>
    <LINEDENCOEFList>
      <LINEDENCOEF>1.000000000000000e+00 0.000000000000000e+00
    </LINEDENCOEFList>
    <SAMPNUMCOEFList>
      <SAMPNUMCOEF>-1.059918000000000e-03 1.000793000000000e+00
    </SAMPNUMCOEFList>
    <SAMPDENCOEFList>
      <SAMPDENCOEF>1.000000000000000e+00 5.299586000000000e-04
    </SAMPDENCOEFList>
  </IMAGE>
</RPB>
</isd>

```

**Lampiran 4. Data Koordinat Observasi Permukaan Lumpur
Sidoarjo Bulan Maret 2014**

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
1	689934,340	9168497,050	7,181
2	689922,793	9168493,836	5,497
3	689684,975	9168560,792	6,105
4	689436,328	9168636,688	6,968
5	689422,365	9168632,646	7,005
6	689417,516	9168625,044	8,093
7	689396,033	9168564,858	8,447
8	689396,089	9168561,342	8,391
9	689347,482	9168499,458	10,178
10	689297,531	9168427,667	11,415
11	689240,133	9168349,646	12,949
12	689221,183	9168316,618	13,166
13	689217,811	9168311,721	13,259
14	689147,107	9168224,154	14,385
15	689141,640	9168221,066	14,256
16	689129,732	9168200,475	15,320
17	689156,991	9168133,663	15,288
18	689177,245	9168169,114	14,537
19	689224,070	9168125,700	14,745
20	689280,403	9168161,283	14,369
21	689329,648	9168193,794	13,898
22	689350,493	9168215,249	13,702
23	689409,974	9168295,605	12,420
24	689449,505	9168367,544	11,271

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
25	689499,861	9168429,993	10,165
26	689564,193	9168485,473	8,157
27	689615,003	9168543,595	6,490
28	689638,802	9168530,848	6,449
29	689678,195	9168521,237	6,298
30	689749,799	9168484,713	5,961
31	689765,541	9168469,369	5,897
32	689727,024	9168435,858	6,565
33	689666,697	9168376,018	8,167
34	689628,702	9168340,637	9,513
35	689600,452	9168316,464	10,043
36	689546,397	9168267,058	11,356
37	689499,817	9168228,047	12,272
38	689383,122	9168142,612	13,485
39	689302,276	9168079,220	14,639
40	689283,747	9168063,221	14,782
41	689336,005	9167996,963	14,815
42	689417,874	9168022,129	13,851
43	689500,134	9168039,742	13,017
44	689505,427	9168043,698	12,920
45	689564,942	9168055,525	12,726
46	689594,167	9168060,648	11,725
47	689672,370	9168069,108	10,886
48	689740,358	9168080,201	8,252
49	689748,299	9168086,677	7,826
50	689814,039	9168083,675	6,549

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
51	689827,084	9168038,847	7,479
52	689807,103	9168008,619	7,399
53	689832,840	9167971,980	7,517
54	689861,312	9167916,101	7,594
55	689874,190	9167869,155	7,637
56	689897,996	9167828,773	7,303
57	689825,668	9167815,023	8,482
58	689743,009	9167797,515	9,670
59	689678,156	9167791,113	10,517
60	689633,792	9167784,310	11,202
61	689546,189	9167765,240	12,829
62	689463,661	9167752,085	13,880
63	689403,085	9167743,075	14,577
64	689353,386	9167738,011	14,483
65	689334,392	9167730,698	14,416
66	689280,166	9167739,945	14,890
67	689238,752	9167726,531	15,674
68	689213,030	9167727,402	15,957
69	689219,522	9167714,891	15,846
70	689237,360	9167694,430	15,667
71	689252,352	9167657,818	15,329
72	689263,878	9167622,682	14,991
73	689263,574	9167594,565	14,915
74	689287,529	9167609,238	14,719
75	689331,076	9167595,368	14,387
76	689334,823	9167560,827	14,265

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
77	689256,930	9167602,277	14,692
78	689323,929	9167559,403	14,004
79	689375,262	9167536,256	13,646
80	689420,692	9167516,590	13,109
81	689439,305	9167486,425	12,721
82	689443,043	9167473,626	12,006
83	689461,105	9167440,837	11,625
84	689490,456	9167413,870	10,837
85	689521,104	9167371,776	9,510
86	689555,862	9167344,015	9,226
87	689581,966	9167307,849	8,435
88	689605,629	9167285,355	8,124
89	689625,655	9167262,784	7,756
90	689629,623	9167220,412	7,553
91	689639,284	9167197,840	6,799
92	689607,781	9167184,633	6,482
93	689572,906	9167193,278	6,551
94	689549,625	9167177,851	6,443
95	689536,370	9167173,216	6,201
96	689520,989	9167157,308	6,968
97	689481,162	9167161,880	7,082
98	689466,357	9167187,105	6,870
99	689447,371	9167204,623	8,303
100	689433,479	9167245,162	9,797
101	688778,704	9168820,391	4,026
102	688757,386	9168802,943	4,250

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
103	688745,267	9168776,843	4,281
104	688735,666	9168760,636	5,264
105	688719,070	9168718,881	6,805
106	688706,369	9168684,137	8,625
107	688727,641	9168659,944	8,884
108	688694,699	9168660,892	9,339
109	688692,582	9168662,121	7,867
110	688672,816	9168638,959	6,914
111	688676,518	9168635,429	9,064
112	688667,178	9168614,999	9,766
113	688663,752	9168616,266	7,989
114	688630,770	9168605,850	7,997
115	688628,656	9168599,398	10,192
116	688601,074	9168605,509	9,375
117	688601,651	9168607,930	8,315
118	688586,772	9168609,075	8,670
119	688586,504	9168614,458	7,258
120	688569,696	9168615,754	7,585
121	688552,192	9168617,268	5,405
122	688562,824	9168589,393	8,379
123	688568,234	9168541,280	9,831
124	688586,013	9168474,471	11,795
125	688600,088	9168418,688	12,363
126	688620,263	9168348,358	12,821
127	688630,336	9168295,855	13,497
128	688663,365	9168266,945	14,034

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
129	688704,957	9168277,092	14,162
130	688706,346	9168312,947	14,020
131	688713,911	9168337,949	13,639
132	688715,034	9168351,292	13,320
133	688724,852	9168418,121	13,019
134	688727,762	9168444,648	12,611
135	688732,218	9168484,449	12,191
136	688735,629	9168520,810	11,478
137	688740,927	9168548,433	11,080
138	688748,073	9168583,937	10,552
139	688751,811	9168621,586	10,044
140	688756,976	9168652,888	9,261
141	688760,949	9168679,195	9,112
142	688765,503	9168712,673	8,086
143	688766,345	9168717,882	8,200
144	688771,641	9168754,973	7,293
145	688778,229	9168797,621	5,514
146	688780,429	9168818,078	4,821
147	688816,922	9168813,521	4,234
148	688828,569	9168811,837	5,507
149	688861,688	9168802,240	5,470
150	688860,494	9168788,934	6,736
151	688859,284	9168754,822	7,013
152	688859,156	9168748,313	8,097
153	688859,373	9168711,905	7,907
154	688857,539	9168703,814	9,436

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
155	688857,890	9168686,751	9,167
156	688856,275	9168651,176	9,722
157	688855,434	9168630,448	10,088
158	688854,104	9168579,441	11,091
159	688854,071	9168530,429	11,519
160	688852,098	9168508,293	12,166
161	688851,153	9168470,169	12,099
162	688844,575	9168417,148	12,187
163	688840,998	9168396,326	12,606
164	688839,950	9168382,819	13,602
165	688840,087	9168367,377	13,346
166	688842,380	9168322,929	14,144
167	688840,172	9168273,451	14,202
168	688884,651	9168288,506	13,820
169	688917,940	9168329,741	13,983
170	688951,509	9168317,342	13,758
171	688951,278	9168350,281	14,291
172	688950,446	9168364,646	14,005
173	688949,620	9168372,342	13,458
174	688948,277	9168401,491	13,598
175	688947,160	9168418,622	12,459
176	688944,416	9168432,680	12,696
177	688942,905	9168447,944	12,064
178	688938,661	9168471,559	12,671
179	688938,659	9168471,451	12,389
180	688936,401	9168506,659	12,148

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
181	688931,099	9168548,144	11,969
182	688930,663	9168570,789	11,331
183	688927,248	9168597,987	11,156
184	688927,000	9168622,531	9,895
185	688925,534	9168650,106	9,939
186	688923,778	9168678,871	9,320
187	688923,047	9168695,058	9,278
188	688923,574	9168699,179	8,510
189	688921,461	9168716,424	8,914
190	688921,060	9168741,298	7,492
191	688919,974	9168764,433	7,503
192	688920,532	9168775,210	7,337
193	688921,891	9168786,169	6,050
194	688921,875	9168785,403	6,201
195	688921,739	9168787,554	5,010
196	688922,437	9168788,967	5,117
197	689076,937	9168752,108	7,721
198	689077,801	9168726,727	8,744
199	689073,963	9168696,678	8,856
200	689072,054	9168683,801	9,589
201	689060,776	9168624,946	10,487
202	689044,361	9168541,907	11,566
203	688979,252	9168350,222	13,340
204	688976,806	9168292,664	13,859
205	688981,740	9168258,990	14,060
206	688975,014	9168174,962	14,702

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
207	688941,796	9168152,108	14,981
208	688901,959	9168144,362	15,224
209	689036,815	9168153,126	14,574
210	689041,083	9168177,092	14,412
211	689022,262	9168233,643	13,982
212	689028,465	9168248,212	13,782
213	689079,402	9168225,513	14,521
214	689088,408	9168264,596	13,965
215	689123,164	9168281,279	13,435
216	689132,784	9168330,823	13,021
217	689125,056	9168367,908	12,935
218	689106,110	9168403,247	12,326
219	689113,334	9168413,037	12,211
220	689127,156	9168456,459	11,446
221	689165,329	9168478,802	11,118
222	689172,862	9168489,322	10,954
223	689179,251	9168526,746	10,985
224	689193,908	9168591,194	9,879
225	689199,599	9168625,677	9,378
226	689200,448	9168637,446	8,683
227	689200,891	9168657,352	8,467
228	689201,571	9168680,349	7,362
229	689200,684	9168701,586	6,710
230	689202,281	9168717,065	6,624
231	689202,154	9168730,701	7,626
232	689202,467	9168736,441	6,532

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
233	689208,129	9168754,304	5,800
234	689204,827	9168758,751	5,898
235	689187,122	9168746,356	6,000
236	689183,816	9168746,311	5,088
237	689175,614	9168747,762	6,489
238	689167,926	9168750,007	5,836
239	689161,214	9168745,341	7,671
240	689146,157	9168747,630	7,914
241	689123,338	9168759,618	5,605
242	689120,982	9168752,909	7,976
243	689108,971	9168758,263	7,029
244	689108,499	9168761,744	6,603
245	689108,921	9168764,322	5,160
246	689058,718	9168755,260	7,425
247	689036,304	9168760,366	7,225
248	689004,411	9168768,863	7,095
249	688509,002	9167122,093	12,349
250	688780,197	9168833,280	8,841
251	689958,720	9168498,208	7,951
252	689004,411	9168768,863	7,095
253	689036,304	9168760,366	7,225
254	689058,718	9168755,260	7,425
255	689108,921	9168764,322	5,160
256	689108,499	9168761,744	6,603
257	689108,971	9168758,263	7,029
258	689120,982	9168752,909	7,976

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
259	689123,338	9168759,618	5,605
260	689146,157	9168747,630	7,914
261	689161,214	9168745,341	7,671
262	689167,926	9168750,007	5,836
263	689175,614	9168747,762	6,489
264	689183,816	9168746,311	5,088
265	689187,122	9168746,356	6,000
266	689204,827	9168758,751	5,898
267	689208,129	9168754,304	5,800
268	689202,467	9168736,441	6,532
269	689202,154	9168730,701	7,626
270	689202,281	9168717,065	6,624
271	689200,684	9168701,586	6,710
272	689201,571	9168680,349	7,362
273	689200,891	9168657,352	8,467
274	689200,448	9168637,446	8,683
275	689199,599	9168625,677	9,378
276	689193,908	9168591,194	9,879
277	689179,251	9168526,746	10,985
278	689172,862	9168489,322	10,954
279	689165,329	9168478,802	11,118
280	689127,156	9168456,459	11,446
281	689113,334	9168413,037	12,211
282	689106,110	9168403,247	12,326
283	689125,056	9168367,908	12,935
284	689132,784	9168330,823	13,021

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
285	689123,164	9168281,279	13,435
286	689088,408	9168264,596	13,965
287	689079,402	9168225,513	14,521
288	689028,465	9168248,212	13,782
289	689022,262	9168233,643	13,982
290	689041,083	9168177,092	14,412
291	689036,815	9168153,126	14,574
292	688901,959	9168144,362	15,224
293	688941,796	9168152,108	14,981
294	688975,014	9168174,962	14,702
295	688981,740	9168258,990	14,060
296	688976,806	9168292,664	13,859
297	688979,252	9168350,222	13,340
298	689044,361	9168541,907	11,566
299	689060,776	9168624,946	10,487
300	689072,054	9168683,801	9,589
301	689073,963	9168696,678	8,856
302	689077,801	9168726,727	8,744
303	689076,937	9168752,108	7,721
304	688922,437	9168788,967	5,117
305	688921,739	9168787,554	5,010
306	688921,875	9168785,403	6,201
307	688921,891	9168786,169	6,050
308	688920,532	9168775,210	7,337
309	688919,974	9168764,433	7,503
310	688921,060	9168741,298	7,492

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
311	688921,461	9168716,424	8,914
312	688923,574	9168699,179	8,510
313	688923,047	9168695,058	9,278
314	688923,778	9168678,871	9,320
315	688925,534	9168650,106	9,939
316	688927,000	9168622,531	9,895
317	688927,248	9168597,987	11,156
318	688930,663	9168570,789	11,331
319	688931,099	9168548,144	11,969
320	688936,401	9168506,659	12,148
321	688938,659	9168471,451	12,389
322	688938,661	9168471,559	12,671
323	688942,905	9168447,944	12,064
324	688944,416	9168432,680	12,696
325	688947,160	9168418,622	12,459
326	688948,277	9168401,491	13,598
327	688949,620	9168372,342	13,458
328	688950,446	9168364,646	14,005
329	688951,278	9168350,281	14,291
330	688951,509	9168317,342	13,758
331	688917,940	9168329,741	13,983
332	688884,651	9168288,506	13,820
333	688840,172	9168273,451	14,202
334	688842,380	9168322,929	14,144
335	688840,087	9168367,377	13,346
336	688839,950	9168382,819	13,602

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
337	688840,998	9168396,326	12,606
338	688844,575	9168417,148	12,187
339	688851,153	9168470,169	12,099
340	688852,098	9168508,293	12,166
341	688854,071	9168530,429	11,519
342	688854,104	9168579,441	11,091
343	688855,434	9168630,448	10,088
344	688856,275	9168651,176	9,722
345	688857,890	9168686,751	9,167
346	688857,539	9168703,814	9,436
347	688859,373	9168711,905	7,907
348	688859,156	9168748,313	8,097
349	688859,284	9168754,822	7,013
350	688860,494	9168788,934	6,736
351	688861,688	9168802,240	5,470
352	688828,569	9168811,837	5,507
353	688816,922	9168813,521	4,234
354	688780,429	9168818,078	4,821
355	688778,229	9168797,621	5,514
356	688771,641	9168754,973	7,293
357	688766,345	9168717,882	8,200
358	688765,503	9168712,673	8,086
359	688760,949	9168679,195	9,112
360	688756,976	9168652,888	9,261
361	688751,811	9168621,586	10,044
362	688748,073	9168583,937	10,552

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
363	688740,927	9168548,433	11,080
364	688735,629	9168520,810	11,478
365	688732,218	9168484,449	12,191
366	688727,762	9168444,648	12,611
367	688724,852	9168418,121	13,019
368	688715,034	9168351,292	13,320
369	688713,911	9168337,949	13,639
370	688706,346	9168312,947	14,020
371	688704,957	9168277,092	14,162
372	688663,365	9168266,945	14,034
373	688630,336	9168295,855	13,497
374	688620,263	9168348,358	12,821
375	688600,088	9168418,688	12,363
376	688586,013	9168474,471	11,795
377	688568,234	9168541,280	9,831
378	688562,824	9168589,393	8,379
379	688552,192	9168617,268	5,405
380	688569,696	9168615,754	7,585
381	688586,504	9168614,458	7,258
382	688586,772	9168609,075	8,670
383	688601,651	9168607,930	8,315
384	688601,074	9168605,509	9,375
385	688628,656	9168599,398	10,192
386	688630,770	9168605,850	7,997
387	688663,752	9168616,266	7,989
388	688667,178	9168614,999	9,766

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
389	688676,518	9168635,429	9,064
390	688672,816	9168638,959	6,914
391	688692,582	9168662,121	7,867
392	688694,699	9168660,892	9,339
393	688727,641	9168659,944	8,884
394	688706,369	9168684,137	8,625
395	688719,070	9168718,881	6,805
396	688735,666	9168760,636	5,264
397	688745,267	9168776,843	4,281
398	688757,386	9168802,943	4,250
399	688778,704	9168820,391	4,026
400	688558,885	9168617,820	6,203
401	688563,156	9168591,721	8,255
402	688577,585	9168558,526	9,425
403	688596,539	9168513,721	10,853
404	688609,865	9168479,893	11,860
405	688632,106	9168445,362	12,338
406	688651,007	9168402,727	12,976
407	688651,766	9168374,810	12,810
408	688659,080	9168336,901	13,130
409	688665,667	9168300,050	13,995
410	688675,350	9168254,830	14,023
411	688679,622	9168208,102	14,250
412	688666,313	9168158,497	14,659
413	688689,747	9168113,392	15,047
414	688697,071	9168086,718	15,354

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
415	688658,186	9168131,635	14,852
416	688632,471	9168145,842	14,585
417	688603,699	9168158,458	14,342
418	688592,830	9168187,244	14,222
419	688580,967	9168245,879	13,763
420	688575,913	9168262,900	13,483
421	688555,383	9168327,714	12,589
422	688552,296	9168333,562	12,477
423	688533,268	9168369,197	12,150
424	688505,053	9168417,401	11,615
425	688483,968	9168454,005	10,777
426	688453,188	9168496,990	9,516
427	688436,440	9168538,557	8,585
428	688426,212	9168569,097	7,690
429	688398,752	9168625,598	6,547
430	688410,685	9168644,820	5,052
431	688398,770	9168649,914	6,091
432	688369,406	9168661,240	6,367
433	688337,353	9168670,721	6,359
434	688321,595	9168627,169	6,624
435	688309,284	9168587,690	6,827
436	688306,786	9168576,942	6,471
437	688297,294	9168546,454	6,952
438	688286,073	9168513,708	6,907
439	688335,875	9168442,354	8,248
440	688346,185	9168426,528	8,378

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
441	688372,122	9168390,725	10,129
442	688390,660	9168366,951	10,419
443	688409,860	9168341,260	11,775
444	688424,175	9168317,671	11,315
445	688450,914	9168281,530	11,925
446	688493,734	9168221,380	12,632
447	688512,437	9168195,231	13,553
448	688536,304	9168165,311	14,204
449	688564,269	9168149,007	14,490
450	688584,573	9168139,298	14,535
451	688612,737	9168123,656	14,843
452	688641,693	9168098,534	15,134
453	688681,102	9168054,250	15,388
454	688653,985	9168075,245	15,236
455	688642,077	9168083,706	15,171
456	688605,090	9168048,628	15,326
457	688618,440	9168011,677	15,292
458	688562,784	9168055,748	14,741
459	688538,541	9168099,684	14,338
460	688517,037	9168124,693	14,156
461	688499,076	9168138,489	14,205
462	688490,742	9168158,368	13,510
463	688475,129	9168173,468	13,479
464	688428,880	9168214,612	12,143
465	688390,807	9168245,705	11,913
466	688362,220	9168271,615	11,385

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
467	688344,972	9168288,443	10,490
468	688324,071	9168301,273	10,301
469	688286,978	9168315,425	9,478
470	688265,493	9168340,980	8,123
471	688236,283	9168350,840	7,745
472	688224,843	9168303,546	7,579
473	688252,378	9168279,230	8,993
474	688303,607	9168225,997	10,939
475	688344,420	9168191,066	11,949
476	688387,506	9168152,908	13,024
477	688418,129	9168121,910	12,978
478	688447,944	9168086,774	13,787
479	688470,642	9168062,765	14,147
480	688480,606	9168025,682	14,446
481	688421,736	9168019,908	14,049
482	688410,793	9168005,561	14,101
483	688431,449	9167958,358	14,667
484	688391,244	9167994,088	14,010
485	688334,921	9168041,422	12,829
486	688334,898	9168041,412	12,824
487	688288,241	9168080,302	12,246
488	688246,088	9168105,907	11,277
489	688194,729	9168135,438	9,711
490	688172,619	9168141,386	9,169
491	688168,190	9168113,129	10,040
492	688201,486	9168086,893	10,204

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
493	688165,668	9168106,937	10,103
494	688159,642	9168077,454	9,721
495	688150,545	9168033,461	9,888
496	688208,897	9167964,652	11,412
497	688248,202	9167919,809	12,559
498	688273,161	9167897,783	12,503
499	688314,643	9167853,531	13,619
500	688349,938	9167838,241	13,937
501	688419,341	9167808,304	15,052
502	688372,526	9167809,834	14,399
503	688335,738	9167790,622	13,793
504	688300,701	9167793,650	13,589
505	688239,971	9167819,263	12,044
506	688183,210	9167848,405	11,311
507	688162,642	9167857,830	10,836
508	688145,105	9167894,675	10,561
509	688182,364	9167902,668	11,432
510	688178,324	9167908,760	11,048
511	688135,657	9167951,598	10,241
512	688148,023	9167971,193	10,144
513	688122,237	9167978,747	10,942
514	688111,911	9168008,001	10,659
515	688476,054	9166584,851	8,182
516	688477,142	9166615,364	8,271
517	688452,015	9166617,855	7,907
518	688428,424	9166621,030	6,961

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
519	688435,557	9166665,126	6,810
520	688461,635	9166694,243	6,770
521	688428,887	9166723,435	6,720
522	688432,736	9166725,340	7,929
523	688447,102	9166731,325	7,851
524	688475,423	9166742,193	8,478
525	688459,477	9166821,343	8,318
526	688428,732	9166821,150	8,711
527	688414,210	9166818,293	6,728
528	688417,642	9166894,863	6,942
529	688428,575	9166890,996	8,956
530	688450,736	9166896,766	8,873
531	688465,275	9166905,159	8,928
532	688579,311	9166956,350	10,676
533	688583,005	9167002,429	10,880
534	688590,614	9167049,831	11,142
535	688592,123	9167100,762	11,408
536	688592,297	9167141,571	11,683
537	688589,457	9167175,979	11,551
538	688589,329	9167179,726	12,156
539	688593,632	9167205,368	12,610
540	688596,115	9167231,427	12,928
541	688600,485	9167262,246	13,803
542	688606,424	9167292,400	13,846
543	688608,138	9167312,544	13,913
544	688611,853	9167338,979	14,326

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
545	688637,918	9167351,157	15,130
546	688658,292	9167365,589	15,618
547	688672,890	9167368,540	15,831
548	688686,641	9167359,471	16,007
549	688678,098	9167327,837	15,409
550	688667,085	9167276,238	14,653
551	688690,360	9167300,896	15,160
552	688699,648	9167307,603	15,323
553	688721,337	9167325,444	15,758
554	688734,606	9167317,549	15,752
555	688731,157	9167286,766	15,290
556	688734,306	9167276,407	15,171
557	688742,081	9167315,042	15,705
558	688763,100	9167330,195	15,911
559	688780,871	9167273,342	15,206
560	688771,890	9167214,915	14,388
561	688759,643	9167143,560	13,258
562	688744,640	9167095,923	12,621
563	688736,812	9167052,403	12,020
564	688728,760	9167030,541	11,684
565	688700,630	9166988,224	11,203
566	688669,123	9166919,812	10,742
567	688671,954	9166856,104	10,318
568	688668,921	9166780,736	10,006
569	688667,091	9166720,455	9,760
570	688682,034	9166649,844	9,575

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
571	688693,223	9166587,678	9,449
572	688672,062	9166540,291	9,346
573	688684,875	9166507,966	9,272
574	688705,887	9166466,024	9,165
575	688692,098	9166454,128	9,140
576	688638,006	9166414,624	8,460
577	688613,284	9166347,484	8,583
578	688599,568	9166367,566	10,273
579	688604,597	9166368,228	9,602
580	688602,814	9166396,958	9,743
581	688596,056	9166396,053	10,292
582	688593,223	9166429,895	10,643
583	688597,628	9166429,901	9,894
584	688596,489	9166453,455	10,066
585	688591,561	9166453,119	10,902
586	688592,555	9166494,235	10,079
587	688572,992	9166478,528	9,247
588	688582,230	9166405,224	9,123
589	688570,304	9166398,565	9,173
590	688563,797	9166476,771	9,279
591	688542,940	9166636,821	9,641
592	688524,476	9166942,185	10,455
593	688514,100	9167068,418	10,834
594	688509,320	9167091,937	10,858
595	688511,904	9167115,716	10,838
596	689433,479	9167245,162	9,797

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
597	689447,371	9167204,623	8,303
598	689466,357	9167187,105	6,870
599	689481,162	9167161,880	7,082
600	689520,989	9167157,308	6,968
601	689536,370	9167173,216	6,201
602	689549,625	9167177,851	6,443
603	689572,906	9167193,278	6,551
604	689607,781	9167184,633	6,482
605	689639,284	9167197,840	6,799
606	689629,623	9167220,412	7,553
607	689625,655	9167262,784	7,756
608	689605,629	9167285,355	8,124
609	689581,966	9167307,849	8,435
610	689555,862	9167344,015	9,226
611	689521,104	9167371,776	9,510
612	689490,456	9167413,870	10,837
613	689461,105	9167440,837	11,625
614	689443,043	9167473,626	12,006
615	689439,305	9167486,425	12,721
616	689420,692	9167516,590	13,109
617	689375,262	9167536,256	13,646
618	689323,929	9167559,403	14,004
619	689256,930	9167602,277	14,692
620	689334,823	9167560,827	14,265
621	689331,076	9167595,368	14,387
622	689287,529	9167609,238	14,719

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
623	689263,574	9167594,565	14,915
624	689263,878	9167622,682	14,991
625	689252,352	9167657,818	15,329
626	689237,360	9167694,430	15,667
627	689219,522	9167714,891	15,846
628	689213,030	9167727,402	15,957
629	689238,752	9167726,531	15,674
630	689280,166	9167739,945	14,890
631	689334,392	9167730,698	14,416
632	689353,386	9167738,011	14,483
633	689403,085	9167743,075	14,577
634	689463,661	9167752,085	13,880
635	689546,189	9167765,240	12,829
636	689633,792	9167784,310	11,202
637	689678,156	9167791,113	10,517
638	689743,009	9167797,515	9,670
639	689825,668	9167815,023	8,482
640	689897,996	9167828,773	7,303
641	689874,190	9167869,155	7,637
642	689861,312	9167916,101	7,594
643	689832,840	9167971,980	7,517
644	689807,103	9168008,619	7,399
645	689827,084	9168038,847	7,479
646	689814,039	9168083,675	6,549
647	689748,299	9168086,677	7,826
648	689740,358	9168080,201	8,252

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
649	689672,370	9168069,108	10,886
650	689594,167	9168060,648	11,725
651	689564,942	9168055,525	12,726
652	689505,427	9168043,698	12,920
653	689500,134	9168039,742	13,017
654	689417,874	9168022,129	13,851
655	689336,005	9167996,963	14,815
656	689283,747	9168063,221	14,782
657	689302,276	9168079,220	14,639
658	689383,122	9168142,612	13,485
659	689499,817	9168228,047	12,272
660	689546,397	9168267,058	11,356
661	689600,452	9168316,464	10,043
662	689628,702	9168340,637	9,513
663	689666,697	9168376,018	8,167
664	689727,024	9168435,858	6,565
665	689765,541	9168469,369	5,897
666	689749,799	9168484,713	5,961
667	689678,195	9168521,237	6,298
668	689638,802	9168530,848	6,449
669	689615,003	9168543,595	6,490
670	689564,193	9168485,473	8,157
671	689499,861	9168429,993	10,165
672	689449,505	9168367,544	11,271
673	689409,974	9168295,605	12,420
674	689350,493	9168215,249	13,702

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
675	689329,648	9168193,794	13,898
676	689280,403	9168161,283	14,369
677	689224,070	9168125,700	14,745
678	689177,245	9168169,114	14,537
679	689156,991	9168133,663	15,288
680	689129,732	9168200,475	15,320
681	689141,640	9168221,066	14,256
682	689147,107	9168224,154	14,385
683	689217,811	9168311,721	13,259
684	689221,183	9168316,618	13,166
685	689240,133	9168349,646	12,949
686	689297,531	9168427,667	11,415
687	689347,482	9168499,458	10,178
688	689396,089	9168561,342	8,391
689	689396,033	9168564,858	8,447
690	689417,516	9168625,044	8,093
691	689422,365	9168632,646	7,005
692	689436,328	9168636,688	6,968
693	689684,975	9168560,792	6,105
694	689922,793	9168493,836	5,497
695	689934,340	9168497,050	7,181
696	688109,789	9168007,019	10,948
697	688509,002	9167122,093	12,349
698	690219,456	9167876,587	9,893
699	689958,720	9168498,208	7,951
700	688490,409	9167120,661	11,871

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
701	688488,002	9167122,111	10,348
702	688501,979	9167009,105	11,791
703	688498,451	9167010,643	9,252
704	688463,312	9166995,419	11,070
705	688458,079	9166999,652	8,289
706	688447,805	9166931,635	9,705
707	688443,002	9166930,177	8,019
708	688415,468	9166955,532	7,530
709	688414,423	9166955,605	6,569
710	688520,405	9166155,051	10,092
711	688522,349	9166156,144	8,417
712	688635,768	9166100,750	14,861
713	688636,251	9166104,469	12,457
714	688729,750	9166105,413	11,307
715	688725,940	9166107,361	9,615
716	688790,574	9166277,721	12,798
717	688786,205	9166281,931	9,213
718	688882,382	9166286,199	11,240
719	688882,145	9166290,084	9,115
720	689181,952	9166377,001	11,138
721	689182,844	9166382,247	9,236
722	689511,835	9166289,684	10,135
723	689509,600	9166291,787	8,903
724	689598,182	9166439,693	10,117
725	689595,734	9166443,919	8,915
726	689661,958	9166521,799	10,074

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
727	689659,822	9166522,781	8,823
728	688503,010	9166150,004	9,344
729	688500,110	9166155,846	6,608
730	688254,826	9166182,896	10,367
731	688256,754	9166190,529	6,678
732	687930,675	9166367,517	6,547
733	687957,729	9166519,606	7,026
734	687948,999	9166518,996	10,133
735	687941,579	9166789,061	9,579
736	687943,636	9166793,425	7,695
737	687910,502	9166799,371	9,524
738	687915,183	9166805,921	7,549
739	687917,044	9166996,226	9,432
740	687922,378	9166999,038	8,012
741	687894,698	9167038,815	7,886
742	687890,213	9167037,071	10,094
743	687883,322	9167140,177	9,566
744	687890,712	9167139,542	7,817
745	690244,482	9167933,615	9,432
746	690242,038	9167934,206	7,013
747	690087,145	9167567,452	9,741
748	690084,249	9167568,325	7,205
749	689892,464	9166919,873	10,062
750	689890,149	9166921,946	7,062
751	689585,394	9166863,720	9,625
752	689587,063	9166869,029	7,335

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
753	689456,581	9167075,393	10,068
754	689459,018	9167076,836	7,913
755	689445,406	9167066,138	11,137
756	689440,915	9167065,926	8,780
757	689957,461	9168500,230	6,946
758	690008,321	9168511,824	6,490
759	690008,083	9168509,491	5,232
760	690344,283	9168406,781	8,015
761	690340,595	9168404,621	4,654
762	690352,100	9168352,572	8,170
763	690346,212	9168347,913	4,755
764	690394,329	9168313,144	8,056
765	690814,507	9168188,385	7,085
766	690810,637	9168186,509	4,388
767	690695,482	9167845,615	9,027
768	690692,679	9167849,101	4,864
769	690250,232	9167951,843	7,976
770	690254,528	9167963,156	4,508
771	689819,605	9168087,526	7,554
772	689819,760	9168089,003	6,456

**Lampiran 5. Data Koordinat Observasi Permukaan
Lumpur Sidoarjo Bulan Juli 2015**

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
1	689226,950	9167038,609	10,294
2	689175,486	9167115,498	11,257
3	689147,817	9167174,853	12,354
4	689105,207	9167241,729	13,443
5	689068,082	9167302,047	14,201
6	689045,784	9167346,097	14,425
7	689045,411	9167346,666	14,318
8	689042,013	9167352,939	14,348
9	689041,703	9167353,189	14,193
10	689041,365	9167353,928	14,230
11	689040,912	9167354,226	14,020
12	689038,565	9167368,930	14,192
13	689038,166	9167369,144	13,838
14	689036,801	9167374,696	14,043
15	689036,737	9167374,933	13,780
16	689130,677	9167441,131	13,901
17	689130,865	9167441,011	14,154
18	689132,679	9167439,754	14,027
19	689133,083	9167439,613	14,117
20	689146,090	9167429,730	14,127
21	689146,414	9167429,437	14,298
22	689151,454	9167423,997	14,292
23	689151,695	9167423,596	14,413

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
24	689164,185	9167416,166	14,375
25	689165,001	9167415,570	14,432
26	689179,146	9167405,372	14,338
27	689209,741	9167368,346	13,817
28	689238,423	9167371,225	13,572
29	689275,871	9167339,917	13,331
30	689295,562	9167330,845	12,719
31	689321,685	9167290,480	12,308
32	689341,696	9167254,268	11,523
33	689375,133	9167193,964	10,645
34	689390,752	9167166,247	8,788
35	689392,694	9167159,266	9,642
36	689399,665	9167137,216	9,451
37	689405,564	9167124,808	8,931
38	689414,091	9167129,638	8,193
39	689397,391	9167184,924	8,751
40	689374,903	9167242,255	9,413
41	689352,936	9167276,882	10,099
42	689337,275	9167296,942	10,573
43	689336,053	9167298,173	11,340
44	689313,782	9167323,467	11,805
45	689289,008	9167349,758	12,663
46	689432,750	9168639,239	7,418
47	689419,852	9168606,303	7,366
48	689400,043	9168566,935	7,763

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
49	689397,153	9168558,038	7,781
50	689372,665	9168500,353	9,142
51	689337,580	9168431,157	10,384
52	689308,762	9168373,807	11,162
53	689265,072	9168295,752	12,350
54	689239,772	9168250,569	12,741
55	689206,442	9168193,989	13,446
56	689188,635	9168161,769	13,000
57	689168,017	9168129,712	13,276
58	689151,828	9168091,911	13,545
59	689128,826	9168052,442	13,977
60	689116,019	9168031,225	13,771
61	689146,888	9168049,952	13,919
62	689173,439	9168008,306	13,678
63	689212,348	9167984,809	14,036
64	689231,442	9167998,754	13,908
65	689266,819	9168018,409	13,521
66	689272,878	9168026,545	13,584
67	689316,002	9168058,269	13,700
68	689352,241	9168088,411	13,198
69	689393,130	9168120,020	12,394
70	689422,524	9168142,291	12,017
71	689486,043	9168193,043	11,159
72	689517,789	9168218,963	10,765
73	689555,440	9168250,325	9,996

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
74	689588,603	9168275,625	9,340
75	689642,089	9168320,352	8,463
76	689671,999	9168343,982	7,645
77	689705,091	9168368,814	6,794
78	689731,958	9168386,023	6,523
79	689757,211	9168402,661	6,316
80	689780,775	9168382,364	6,313
81	689805,250	9168366,587	6,295
82	689829,178	9168331,856	6,203
83	689834,121	9168310,122	6,191
84	689846,048	9168270,584	6,134
85	689858,100	9168249,734	6,149
86	689855,401	9168226,495	6,196
87	689828,482	9168208,900	6,317
88	689805,974	9168193,651	6,604
89	689776,404	9168173,470	7,051
90	689748,404	9168156,878	7,812
91	689736,053	9168149,564	8,064
92	689710,211	9168130,638	8,504
93	689655,707	9168100,484	8,750
94	689631,236	9168079,609	9,966
95	689578,684	9168050,081	11,241
96	689544,197	9168026,927	11,909
97	689501,647	9168000,038	11,875
98	689482,347	9167985,497	12,114

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
99	689460,351	9167969,919	12,761
100	689430,335	9167947,466	13,008
101	689396,404	9167927,270	13,333
102	689360,253	9167907,101	13,617
103	689308,640	9167880,473	13,814
104	689302,094	9167877,903	13,662
105	689461,930	9168627,360	7,411
106	689461,240	9168625,186	7,368
107	689462,650	9168629,452	7,467
108	689461,960	9168627,343	7,418
109	689401,058	9168647,392	6,370
110	689401,757	9168648,721	6,679
111	689384,467	9168650,031	6,963
112	689383,233	9168649,027	7,276
113	689374,660	9168704,508	5,632
114	689373,703	9168702,583	5,294
115	689339,081	9168714,662	5,628
116	689338,228	9168712,615	5,617
117	689258,289	9168746,741	5,871
118	689257,771	9168744,620	5,860
119	689219,147	9168751,763	5,667
120	689218,310	9168749,865	5,664
121	689182,270	9168768,344	5,593
122	689181,419	9168765,937	5,455
123	689180,168	9168757,402	4,972

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
124	689179,545	9168755,550	5,204
125	689141,506	9168770,028	5,027
126	689140,630	9168768,181	5,009
127	689106,964	9168775,940	4,172
128	689107,066	9168773,714	4,382
129	689098,640	9168772,210	3,858
130	689097,615	9168770,946	4,172
131	689075,036	9168751,270	7,300
132	689074,761	9168749,348	7,298
133	689040,440	9168756,439	6,902
134	689039,855	9168754,401	7,201
135	689016,418	9168762,780	6,481
136	689015,884	9168760,905	6,684
137	689013,787	9168763,363	6,354
138	689013,620	9168761,583	6,522
139	688979,550	9168771,648	6,358
140	688978,944	9168769,713	6,575
141	688933,046	9168780,752	5,704
142	688932,990	9168778,909	6,098
143	688927,184	9168781,009	5,560
144	688928,531	9168778,979	5,904
145	688884,333	9168795,882	5,376
146	688883,755	9168794,187	5,432
147	688844,080	9168805,772	5,258
148	688843,689	9168804,008	5,286

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
149	688804,745	9168815,501	5,052
150	688804,189	9168813,768	5,160
151	688775,512	9168816,006	4,801
152	688776,408	9168814,516	4,958
153	688750,974	9168799,675	5,137
154	688752,661	9168799,576	5,177
155	688739,905	9168765,146	5,330
156	688741,328	9168764,394	5,340
157	688724,818	9168732,915	5,921
158	688726,325	9168732,135	5,972
159	688713,293	9168702,205	6,558
160	688715,012	9168701,415	6,709
161	688704,998	9168678,469	7,180
162	688706,234	9168677,222	7,021
163	688701,340	9168670,225	7,218
164	688701,527	9168670,117	7,207
165	688702,612	9168669,371	6,969
166	688679,514	9168643,690	7,126
167	688680,705	9168642,142	7,832
168	688661,495	9168606,752	9,397
169	688662,070	9168604,941	9,550
170	688612,247	9168604,851	8,375
171	688612,302	9168602,954	9,012
172	688600,963	9168606,069	8,034
173	688601,188	9168604,650	8,644

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
174	688599,284	9168607,513	7,921
175	688598,117	9168605,463	8,436
176	688552,097	9168615,380	5,430
177	688552,355	9168613,272	5,525
178	688548,988	9168615,711	5,383
179	688548,789	9168613,687	5,502
180	688517,613	9168616,232	5,983
181	688518,294	9168614,727	6,220
182	688514,909	9168616,738	6,271
183	688515,328	9168615,011	6,661
184	688477,638	9168626,559	6,128
185	688477,913	9168624,330	6,117
186	688432,437	9168642,817	5,741
187	688431,930	9168640,573	6,157
188	688396,706	9168653,396	6,008
189	688395,736	9168651,706	6,045
190	688340,656	9168672,672	6,342
191	688340,643	9168670,699	6,508
192	689566,219	9166862,715	9,427
193	689778,439	9168086,234	8,019
194	689726,211	9168055,233	8,477
195	689667,482	9168026,302	9,620
196	689618,986	9168001,479	10,230
197	689551,092	9167965,530	11,432
198	689495,804	9167933,517	12,063

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
199	689458,384	9167911,118	12,625
200	689421,534	9167887,695	12,876
201	689394,629	9167865,106	12,914
202	689326,781	9167831,623	13,554
203	689282,928	9167817,388	13,795
204	689257,435	9167798,665	13,968
205	689246,503	9167782,325	13,972
206	689246,148	9167782,255	13,795
207	689243,902	9167747,224	13,935
208	689243,845	9167747,445	13,929
209	689243,831	9167747,452	13,922
210	689256,396	9167741,536	14,024
211	689284,146	9167728,797	13,888
212	689338,100	9167714,174	13,527
213	689405,501	9167681,936	13,247
214	689494,518	9167649,593	12,286
215	689552,148	9167632,773	10,931
216	689638,871	9167600,677	9,598
217	689704,500	9167578,608	8,706
218	689759,389	9167559,394	8,174
219	689862,035	9167512,168	7,596
220	689795,814	9167398,251	7,790
221	689690,925	9167408,027	8,473
222	689624,520	9167470,726	9,041
223	689568,034	9167476,890	9,631

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
224	689516,351	9167511,058	10,602
225	689490,381	9167511,825	11,479
226	689432,399	9167520,077	12,430
227	689352,492	9167538,411	13,100
228	689269,769	9167573,859	13,617
229	689227,848	9167597,978	13,789
230	689170,524	9167628,334	14,006
231	689159,131	9167638,017	13,992
232	689154,983	9167640,055	13,781
233	689155,170	9167640,085	13,820
234	689145,751	9167489,018	13,989
235	689158,459	9167479,789	14,227
236	689159,016	9167479,476	14,368
237	689188,457	9167452,268	13,674
238	689233,711	9167407,875	13,082
239	689252,834	9167379,629	12,699
240	689289,394	9167359,536	11,766
241	689334,235	9167318,704	10,757
242	689341,879	9167304,954	9,748
243	689378,823	9167286,624	9,615
244	689417,974	9167223,078	8,961
245	689431,531	9167178,795	8,658
246	689444,624	9167151,055	8,396
247	688775,913	9167315,150	14,559
248	688828,972	9167338,452	14,055

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
249	688828,429	9167324,459	14,139
250	688817,674	9167299,430	13,678
251	688794,482	9167286,231	13,850
252	688786,664	9167278,545	13,454
253	688792,182	9167251,043	13,465
254	688781,314	9167240,088	13,201
255	688790,162	9167223,656	12,929
256	688777,410	9167199,966	12,960
257	688759,167	9167187,553	12,763
258	688738,677	9167171,299	12,825
259	688724,358	9167151,502	12,530
260	688705,923	9167147,211	12,393
261	688683,241	9167137,313	12,162
262	688824,926	9167069,480	11,778
263	688829,021	9167087,688	11,913
264	688835,929	9167103,278	11,892
265	688844,547	9167128,941	12,188
266	688836,030	9167150,903	12,445
267	688826,948	9167175,994	12,783
268	688827,531	9167202,883	13,134
269	688830,761	9167225,538	13,359
270	688830,286	9167235,994	13,506
271	688843,020	9167261,684	13,932
272	688852,613	9167285,770	14,602
273	688850,137	9167303,686	14,732

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
274	688858,156	9167323,847	14,643
275	688858,298	9167324,247	14,555
276	688858,395	9167327,633	14,548
277	688858,303	9167330,512	14,307
278	688857,673	9167334,196	14,161
279	688938,144	9167347,161	13,803
280	688941,697	9167329,388	14,097
281	688949,252	9167318,523	14,088
282	688959,264	9167315,883	13,725
283	688964,105	9167294,444	14,355
284	688970,779	9167277,334	14,091
285	688969,543	9167251,659	13,973
286	688969,349	9167232,790	13,680
287	688973,405	9167211,796	13,362
288	688983,483	9167190,808	13,024
289	688987,157	9167162,482	12,678
290	688986,879	9167146,921	12,262
291	688986,934	9167146,820	12,258
292	688509,770	9167553,270	13,854
293	688499,708	9167554,457	13,792
294	688498,771	9167554,186	13,976
295	688482,910	9167551,964	14,113
296	688482,161	9167552,030	14,357
297	688458,594	9167548,852	14,227
298	688437,353	9167547,213	13,999

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
299	688414,968	9167545,080	13,685
300	688388,758	9167546,193	13,385
301	688365,417	9167544,424	12,941
302	688339,712	9167543,898	12,289
303	688306,393	9167543,141	11,663
304	688272,919	9167541,781	11,405
305	688245,395	9167540,399	10,818
306	688219,450	9167541,093	10,593
307	688187,782	9167542,204	10,380
308	688157,258	9167542,336	10,214
309	688123,361	9167543,391	10,067
310	688090,717	9167544,750	9,904
311	688059,340	9167544,979	9,747
312	688031,455	9167550,124	9,726
313	688024,542	9167610,276	8,997
314	688052,333	9167610,255	9,817
315	688079,162	9167608,375	9,966
316	688105,710	9167609,307	10,093
317	688136,278	9167608,304	10,192
318	688165,834	9167608,815	10,336
319	688198,648	9167608,769	10,528
320	688226,448	9167608,238	10,768
321	688260,395	9167610,037	11,498
322	688288,132	9167607,632	12,172
323	688316,643	9167605,570	12,550

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
324	688342,684	9167603,052	13,036
325	688369,658	9167599,068	13,315
326	688398,582	9167597,446	13,783
327	688428,560	9167600,363	14,058
328	688454,945	9167600,979	14,255
329	688470,208	9167598,979	14,375
330	688470,485	9167598,848	14,310
331	688486,632	9167598,130	14,116
332	688487,170	9167598,016	13,959
333	688509,113	9167600,310	13,733
334	688503,646	9167622,347	13,583
335	688502,983	9167622,600	13,898
336	688493,386	9167623,973	13,861
337	688492,380	9167624,290	14,167
338	688477,301	9167628,109	14,124
339	688476,980	9167628,052	14,289
340	688450,605	9167636,734	14,205
341	688423,589	9167645,522	13,926
342	688394,940	9167654,706	13,488
343	688367,417	9167662,679	13,382
344	688341,813	9167671,108	13,083
345	688315,811	9167677,614	12,429
346	688280,123	9167691,070	12,204
347	688253,471	9167699,538	11,899
348	688226,779	9167710,532	11,304

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
349	688200,324	9167719,805	10,739
350	688167,702	9167730,823	10,439
351	688142,587	9167741,731	10,336
352	688115,678	9167752,503	10,272
353	688088,532	9167761,986	10,124
354	688062,394	9167769,416	9,387
355	688206,908	9168317,552	9,218
356	688140,121	9168009,352	9,391
357	688152,271	9167999,075	9,531
358	688170,618	9167987,169	9,927
359	688192,391	9167975,762	10,585
360	688209,351	9167966,595	10,884
361	688233,214	9167954,664	11,617
362	688256,695	9167942,086	11,741
363	688279,183	9167930,838	11,619
364	688300,112	9167919,123	12,109
365	688316,107	9167913,677	12,288
366	688316,663	9167913,365	12,541
367	688336,333	9167902,363	13,120
368	688358,252	9167891,119	13,436
369	688380,569	9167877,395	13,337
370	688399,878	9167865,714	13,525
371	688420,809	9167854,556	13,832
372	688444,389	9167843,112	14,049
373	688464,985	9167833,564	14,178

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
374	688472,817	9167829,812	13,673
375	688473,981	9167828,507	14,113
376	688491,189	9167819,607	14,107
377	688507,868	9167811,634	14,055
378	688508,401	9167811,502	13,962
379	688522,325	9167807,831	14,006
380	688537,610	9167796,702	13,709
381	688551,518	9167870,508	13,714
382	688551,255	9167871,080	14,035
383	688537,751	9167888,666	13,845
384	688537,234	9167888,993	14,058
385	688523,655	9167904,982	14,103
386	688509,402	9167920,385	13,899
387	688493,456	9167934,122	13,870
388	688478,826	9167950,898	13,758
389	688460,612	9167970,756	13,626
390	688446,930	9167987,475	13,505
391	688426,236	9168011,866	13,375
392	688416,772	9168026,075	13,224
393	688402,233	9168041,288	12,982
394	688391,032	9168061,107	12,575
395	688372,794	9168082,510	12,250
396	688352,798	9168105,632	11,877
397	688338,329	9168122,183	11,659
398	688321,638	9168141,431	11,440

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
399	688303,699	9168162,662	10,597
400	688303,475	9168163,316	9,675
401	688303,396	9168164,488	10,544
402	688293,674	9168174,807	10,275
403	688283,400	9168185,846	9,498
404	688278,362	9168191,438	9,560
405	688268,989	9168201,041	8,816
406	688258,502	9168213,377	8,780
407	688244,507	9168229,266	8,071
408	688226,841	9168252,280	7,836
409	688215,781	9168267,708	7,500
410	688242,019	9168365,835	7,197
411	688267,809	9168349,004	7,489
412	688282,485	9168333,904	8,065
413	688292,687	9168323,291	8,156
414	688307,681	9168314,048	8,770
415	688325,416	9168295,760	9,094
416	688342,273	9168280,449	9,187
417	688352,235	9168270,445	10,171
418	688371,152	9168249,143	9,638
419	688390,283	9168243,325	10,137
420	688404,844	9168230,119	10,424
421	688422,067	9168220,823	11,360
422	688433,905	9168203,395	11,130
423	688450,643	9168188,859	11,542

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
424	688472,026	9168173,326	12,581
425	688484,121	9168152,178	12,788
426	688503,321	9168142,912	12,721
427	688516,864	9168130,234	13,324
428	688524,489	9168133,379	12,817
429	688530,648	9168121,838	13,043
430	688546,608	9168110,901	13,176
431	688563,909	9168109,685	13,230
432	688576,747	9168086,136	13,652
433	688591,767	9168065,108	14,062
434	688605,189	9168042,779	14,078
435	688622,701	9168020,547	14,068
436	688629,024	9167997,405	14,080
437	688638,551	9167966,753	14,040
438	688639,111	9167959,519	14,069
439	688644,320	9167953,601	13,882
440	688654,113	9167944,459	13,980
441	688655,434	9167942,027	13,765
442	688726,009	9167981,887	13,685
443	688710,738	9168001,568	13,870
444	688690,875	9168028,532	14,153
445	688675,873	9168061,016	14,113
446	688660,522	9168081,844	14,032
447	688647,913	9168109,720	13,933
448	688637,339	9168126,674	13,914

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
449	688618,822	9168153,291	13,644
450	688601,279	9168186,752	13,351
451	688586,223	9168210,682	13,200
452	688569,877	9168237,360	12,784
453	688558,624	9168255,059	12,561
454	688543,633	9168279,382	12,147
455	688526,117	9168312,486	11,459
456	688518,112	9168329,522	10,910
457	688510,139	9168343,349	11,101
458	688497,939	9168366,651	10,660
459	688478,683	9168395,732	10,523
460	688473,422	9168400,980	10,492
461	688458,988	9168423,264	9,703
462	688447,906	9168440,162	9,395
463	688429,353	9168473,867	9,393
464	688420,147	9168497,304	8,363
465	688408,459	9168519,381	7,607
466	688399,590	9168535,079	6,907
467	688385,402	9168558,905	6,570
468	688369,801	9168590,067	6,422
469	688362,557	9168614,779	6,426
470	688355,430	9168636,639	6,091
471	688349,687	9168654,165	6,356
472	688342,234	9168673,255	6,096
473	688543,121	9167106,691	10,983

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
474	688550,403	9167117,232	11,028
475	688557,749	9167129,227	11,017
476	688565,256	9167140,909	11,100
477	688574,807	9167152,245	11,337
478	688581,953	9167165,602	11,514
479	688590,239	9167178,519	11,725
480	688600,075	9167196,601	12,069
481	688613,704	9167213,261	12,458
482	688627,438	9167235,837	12,926
483	688641,048	9167251,238	13,224
484	688655,455	9167268,409	13,599
485	688667,148	9167286,221	13,894
486	688678,726	9167303,593	14,288
487	688689,580	9167323,004	14,563
488	688700,849	9167338,800	14,655
489	688712,764	9167359,328	14,186
490	688689,282	9167379,531	14,107
491	688673,369	9167366,073	14,632
492	688660,209	9167353,186	14,399
493	688650,296	9167336,969	14,451
494	688645,268	9167318,570	14,191
495	688635,153	9167302,769	13,857
496	688595,091	9167262,017	13,033
497	688584,773	9167252,444	11,438
498	688574,502	9167243,705	12,770

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
499	688558,421	9167242,955	11,426
500	688675,513	9167362,870	14,646
501	688680,806	9167367,539	14,643
502	688681,477	9167368,267	14,415
503	688683,364	9167369,702	14,473
504	688684,325	9167370,825	14,252
505	688687,857	9167374,337	14,181
506	688691,510	9167379,238	14,079
507	688768,314	9167328,752	14,055
508	688768,374	9167328,549	14,275
509	688768,383	9167326,915	14,114
510	688768,412	9167326,188	14,316
511	688768,364	9167322,978	14,023
512	688768,571	9167322,342	14,531
513	688769,816	9167315,012	14,486
514	688769,794	9167314,261	14,677
515	688768,831	9167292,207	14,567
516	688767,344	9167267,782	14,330
517	688766,122	9167240,902	13,958
518	688763,099	9167220,976	13,552
519	688758,714	9167192,854	13,178
520	688797,282	9167208,197	13,631
521	688809,813	9167191,489	13,442
522	688821,334	9167170,642	13,174
523	688830,675	9167150,162	12,862

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
524	688841,430	9167131,990	12,861
525	688852,414	9167114,957	12,398
526	688863,565	9167096,930	12,249
527	688877,447	9167080,380	11,874
528	688893,017	9167056,832	11,618
529	688909,608	9167032,279	11,105
530	688918,725	9167014,860	11,089
531	688946,838	9167065,172	11,882
532	688932,622	9167079,319	12,064
533	688918,504	9167093,439	12,219
534	688904,408	9167107,756	12,403
535	688890,204	9167121,810	12,665
536	688876,078	9167135,927	12,636
537	688861,965	9167150,032	12,897
538	688847,816	9167164,021	13,048
539	688833,622	9167178,162	13,220
540	688819,491	9167192,383	13,314
541	688805,262	9167206,392	13,571
542	688791,167	9167220,550	13,666
543	688777,240	9167234,717	13,948
544	688762,988	9167248,861	14,151
545	688748,746	9167262,873	14,217
546	688734,697	9167277,121	14,399
547	688720,363	9167291,047	14,385
548	688706,086	9167305,327	14,453

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
549	688691,707	9167319,378	14,479
550	688677,552	9167333,416	13,765
551	688663,048	9167347,252	14,502
552	688648,318	9167360,985	13,674
553	688634,343	9167375,382	13,769
554	688619,656	9167389,373	14,449
555	688605,596	9167403,510	14,422
556	688591,595	9167417,687	14,369
557	688577,298	9167431,665	13,937
558	688562,873	9167445,482	13,831
559	688548,779	9167460,080	13,846
560	688534,868	9167474,392	13,819
561	688520,376	9167488,717	13,665
562	688506,346	9167502,996	13,518
563	688492,363	9167517,437	13,555
564	688478,303	9167531,175	13,681
565	688464,224	9167545,535	13,713
566	688450,122	9167559,793	13,600
567	688436,015	9167574,088	13,566
568	688421,989	9167588,475	13,420
569	688407,946	9167602,753	13,379
570	688393,992	9167617,140	13,180
571	688379,975	9167631,478	12,888
572	688366,089	9167645,760	12,761
573	688351,640	9167659,829	12,559

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
574	688337,850	9167674,150	12,484
575	688323,464	9167688,770	12,266
576	688308,882	9167702,723	11,900
577	688294,886	9167716,872	11,882
578	688280,978	9167731,195	11,903
579	688266,989	9167745,334	11,830
580	688252,882	9167759,736	11,537
581	688239,139	9167773,938	11,001
582	688224,724	9167788,363	10,904
583	688210,696	9167802,648	10,843
584	688196,789	9167816,969	10,518
585	688182,811	9167831,060	10,195
586	688168,954	9167845,496	9,941
587	688155,040	9167859,893	9,738
588	688140,857	9167873,834	9,582
589	688206,931	9168319,509	9,497
590	688110,103	9168006,865	10,436
591	688005,082	9167620,485	11,025
592	687918,008	9167390,759	10,240
593	687884,540	9167213,513	10,011
594	687900,177	9166996,569	10,196
595	687919,683	9166785,690	10,319
596	688023,699	9166288,213	10,557
597	688826,103	9166276,032	11,489
598	689517,101	9166282,294	10,710

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
599	689889,741	9166916,850	10,189
600	690274,030	9167941,542	9,592
601	688509,108	9167122,422	11,833
602	688163,561	9168084,191	9,416
603	688903,256	9168163,025	14,243
604	688909,647	9168183,650	14,336
605	688931,149	9168307,027	13,343
606	688953,687	9168396,574	12,550
607	688987,669	9168568,583	10,261
608	689000,429	9168663,141	9,163
609	689003,849	9168725,124	8,054
610	689010,381	9168764,534	6,726
611	689010,786	9168765,549	5,895
612	689081,448	9168736,069	7,953
613	689109,190	9168739,157	3,882
614	689125,861	9168733,656	6,988
615	689180,004	9168727,035	4,256
616	689229,301	9168701,314	6,651
617	689253,853	9168686,833	7,169
618	689229,751	9168607,036	8,841
619	689162,670	9168443,652	10,910
620	689138,149	9168350,532	12,702
621	689134,715	9168286,012	12,931
622	689088,345	9168187,350	13,669
623	689052,207	9168098,314	14,110

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
624	689053,950	9168058,602	14,194
625	688206,931	9168319,509	9,497
626	688509,207	9167116,543	10,932
627	688518,262	9166972,837	11,110
628	688521,218	9166157,179	9,392
629	688733,241	9166123,970	9,529
630	689178,724	9166382,288	9,339
631	689597,240	9166446,539	9,005
632	689651,381	9166621,944	8,877
633	689550,914	9166832,072	8,604
634	689488,043	9166972,173	8,086
635	689508,873	9166998,212	7,081
636	689575,889	9166864,443	8,249
637	689954,491	9167129,744	7,063
638	690243,808	9167945,123	7,837
639	690160,380	9167981,921	7,978
640	690165,693	9167988,520	6,032
641	689828,632	9168080,229	7,976
642	689830,754	9168087,647	6,845
643	690253,034	9167954,940	5,649
644	690741,492	9167977,904	4,773
645	690801,022	9168198,631	4,781
646	690321,669	9168417,339	6,025
647	689999,635	9168508,333	6,317
648	689498,183	9168618,033	7,628

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
649	688255,268	9168436,846	7,237
650	688195,125	9168236,383	8,181
651	688124,092	9167982,929	9,760
652	688123,341	9167975,420	9,561
653	688018,103	9167580,690	9,536
654	687973,787	9167465,835	9,887
655	687911,212	9166819,361	8,724
656	687928,093	9166360,505	8,685
657	688502,344	9166151,964	8,719
658	688537,686	9166392,168	8,693
659	688478,133	9166802,572	8,680
660	688494,879	9167010,241	9,126
661	688489,414	9167122,603	10,076
662	688024,710	9167564,389	13,911
663	688513,905	9167524,646	13,812
664	688513,729	9167524,456	13,951
665	688511,960	9167523,076	13,962
666	688511,211	9167522,857	14,103

**Lampiran 6. Hasil Perhitungan Volume Lumpur Bulan
Maret 2014**

Lumpur Basah		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m²)
0	14,759575	760.293,8022
1	7,588428	18.918,28929
2	7,270529	464,494585
3	10,989008	5.668,169101
4	9,381088	361.481,0741
5	9,246624	206.155,1954
6	7,797024	9.186,701565
7	5,638029	309.494,9382
8	9,548491	7.538,821199
Hasil Rata-Rata		
	9,135421778	1.679.201,486
Volume (m³)		15.340.213,82

Air Berlumpur		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m²)
0	5,065084	156.453,7256
1	8,811512	38.663,1138
2	8,504368	475.175,2917
3	7,38327	275.534,3598
Hasil Rata-Rata		
	7,4410585	945826,4909
Volume (m³)		7.037.950,25

Lumpur Mulai Mengering		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)
0	12,37468	1.142.665,881
1	8,903652	15.319,20542
2	7,534546	7.296,189984
3	8,173011	32.242,95255
	Hasil Rata-Rata	
	9,24647225	1.197.524,229
Volume (m ³)		11.072.874,55

Lumpur Kering		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)
0	10,03945	916.560,6272
1	11,501238	28.237,20365
2	9,507398	26.350,35378
3	12,181333	8.562,853585
	Hasil Rata-Rata	
	10,80735475	979.711,0382
Volume (m ³)		10.588.084,74

MARET 2014			
Klasifikasi	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
Air Berlumpur	7,4411	945.826,49	7.037.950,25
Lumpur Kering	10,8074	979.711,04	10.588.084,74
Lumpur Basah	9,1354	1.679.201,49	15.340.213,82
Lumpur Mulai Mengering	9,2465	1.197.524,23	11.072.874,55
			44.039.123,365

Lampiran 7. Hasil Perhitungan Volume Lumpur Bulan Juli 2015

Lumpur Basah		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)
0	13,658693	491.764,3678
1	8,245067	540.847,0524
2	9,425388	8.348,467966
3	5,86637	249.801,4304
	Hasil Rata-Rata	
	9,2988795	1.290.761,319
Volume (m³)		12.002.633,96

Air Berlumpur		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)
0	4,764705	93.474,12829
1	9,574519	98.205,64406
2	9,148148	396.554,8129
	Hasil Rata-Rata	
	7,829124	588.234,5852
Volume (m ³)		4.605.361,51

Lumpur Kering		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)
0	10,893006	1.809.449,981
1	8,910659	1.043,154283
2	11,673932	65.297,85122
3	13,521047	9.987,057637
4	12,767036	9.570,972275
5	11,649505	43.806,93921
	Hasil Rata-Rata	
	11,5691975	1.939.155,956
Volume (m ³)		22.434.478,24

Lumpur Mulai Mengering		
FID	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m ²)
0	9,347143	96.935,08667
2	4,936842	25.747,26182
3	10,069185	505.738,1922

4	8,811325	22.573,65457
5	6,554048	96.053,21027
7	8,42814	110.531,1384
10	13,592875	117.984,602
	Hasil Rata-Rata	
	8,819936857	975.563,1459
Volume (m³)		8.604.405,35

JULI 2015			
Klasifikasi	Elevasi Rata-Rata (m)	Luas (m²)	Volume (m³)
Air Berlumpur	7,8291	588.234,59	4.605.361,51
Lumpur Kering	11,5692	1.939.155,96	22.434.478,24
Lumpur Basah	9,2989	1.290.761,32	12.002.633,96
Lumpur Mulai Mengering	8,8199	975.563,15	8.604.405,35
			47.646.879,058

Lampiran 8. Peta

- Peta Elevasi Lumpur Sidoarjo Bulan Maret 2014;
- Peta Tutupan Lumpur Sidoarjo Bulan Maret 2014;
- Peta Elevasi Lumpur Sidoarjo Bulan Juli 2015; dan
- Peta Tutupan Lumpur Sidoarjo Bulan Juli 2015.

(Terlampir di laporan ini)

Lampiran 9. CD

(Terlampir di laporan ini)

B. Administrasi

Lampiran 10. Form Permohonan Tugas Akhir



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA

Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp: 031-5929486-87, 5994251-55, Fax: 031-5929487, PABX: 1149
E-mail: geodesy@its.ac.id
<http://www.geomatika.its.ac.id>

Surabaya, 3 Februari 2016

Nomor : 162 /IT2.3.1.4/TU.00.09/2016
Perihal : Permohonan Tugas Akhir
Lampiran : 1 (satu) Lembar

Kepada Yth :

Sekretaris Bapel BPLS
Jl. Gayung Kebonsari No. 50
Surabaya, 60235 - Indonesia

Dengan hormat,

Schubungan dengan mata kuliah Tugas Akhir di Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dengan ini kami mengharapkan kerjasama dengan Instansi yang Bapak/Ibu pimpin untuk mempertimbangkan mahasiswa kami yang bernama :

No	Nama	NRP
1	Bagas Tri Widodo	3512 100 088

Agar dapat melaksanakan Tugas Akhir dan mendapatkan pembimbingan di Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo. Mengenai waktu pelaksanaan Tugas Akhir selama 2 bulan (waktu dapat menyesuaikan dengan jadwal yang diberikan Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo).

Demikian atas perhatian serta kerjasama Bapak/Ibu kami mengucapkan banyak terima kasih.



Muhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 1981 1223 200501 1 002

Tembusan:

1. Deputi Bidang Operasi

Lampiran 11. Form Permohonan Data Tugas Akhir



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp: 031-5929486-87, 594251-55, Fax: 031-5929487, PABX: 1149
E-mail: geodesy@its.ac.id
http://www.geomatika.its.ac.id

Nomor : 150 /IT2.3.1.4/TU.00.09/2016
Perihal : Permohonan Bantuan Data
Lampiran : 1 (satu) Lembar

Surabaya, 3 Februari 2016

Kepada Yth:

Sekretaris Bapel BPLS

Jl. Gayung Kebonsari No. 50
Surabaya, 60235 - Indonesia

Dengan hormat,

Sehubungan dengan kegiatan Tugas Akhir mahasiswa kami angkatan 2012 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang berjudul "Visualisasi Perubahan Volume Dan Elevasi Permukaan Lumpur Dengan Citra Satelit Ikonos Multitemporal Untuk Monitoring Lumpur Sidoarjo", dengan ini kami mengharapkan kerjasama berupa permohonan data sebagai berikut :

1. Citra Satelit Resolusi Tinggi IKONOS Tahun 2008-2016 beserta metadata dengan format (*.TIF), sesuai dengan lokasi penelitian, yaitu yang berada di dalam kawasan area terdampak Lumpur Sidoarjo; dan
2. Data koordinat X,Y, dan Z tahun 2008-2016 dengan format (*.csv atau *.txt) hasil observasi lapangan menggunakan GPS Geodetik yang diambil di atas permukaan lumpur, sesuai dengan lokasi penelitian, yaitu yang berada dalam kawasan area terdampak Lumpur Sidoarjo.

Adapun nama mahasiswa tersebut adalah :

Nama : Bagas Tri Widodo

NRP : 3512 100 088

Demikian atas perhatian dan bantuannya kami mengucapkan banyak terima kasih.



Ketua Jurusan Teknik Geomatika,
ITS ITS Surabaya

M. Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 1981 1223 200501 1 002

Tembusan:

1. Deputi Bidang Operasi

BIODATA PENULIS



Bagas Tri Widodo, adalah nama penulis Tugas Akhir ini. Penulis lahir di Kediri pada tanggal 04 Agustus 1994, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan H. Soeprapto dan Hj. Binti Ratih. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari SDN Margorejo I 403 Surabaya (lulus tahun 2006), kemudian melanjutkan ke SMPN 12 Surabaya (lulus tahun 2009) dan SMAN 16 Surabaya (lulus tahun 2012). Setelah lulus dari SMA penulis memilih melanjutkan kuliah S-1 dan diterima di Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3512100088. Selama di bangku kuliah, penulis pernah menjabat sebagai Staff Badan Perwakilan Mahasiswa (BPM) HIMAGE-ITS tahun kepengurusan 2013-2014. Selain itu penulis juga aktif bergabung pada komunitas Here Maps Community Indonesia. Untuk menyelesaikan studi Tugas Akhir, penulis memilih bidang keilmuan Geomatika-Geospasial dengan judul **“Visualisasi Perubahan Volume Dan Elevasi Permukaan Lumpur Dengan Citra Satelit Resolusi Tinggi Temporal Untuk Monitoring Lumpur Sidoarjo”**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”